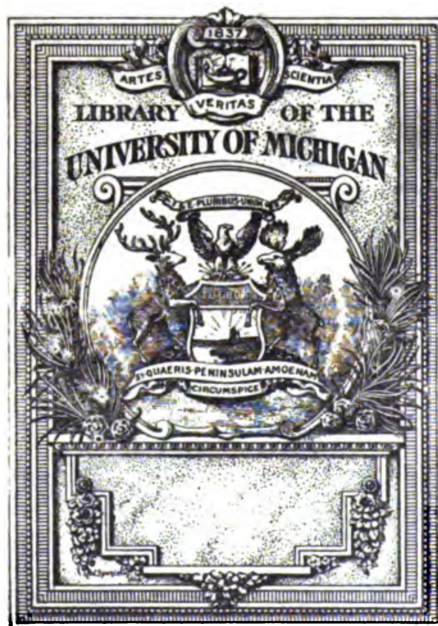
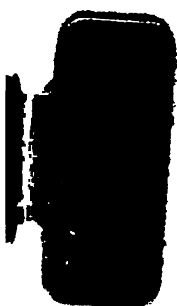
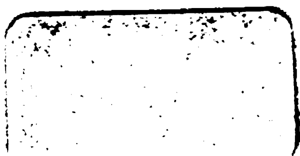


1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
PLURIBUS UNUM
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE





Jenaische Zeitschrift

für

NATURWISSENSCHAFT

herausgegeben

von der

medicinisch-naturwissenschaftlichen Gesellschaft
zu Jena.

Achter Band.

Neue Folge, Erster Band.

Mit 24 Tafeln und 10 Holzschnitten.

Jena,

Mauke's Verlag
(Hermann Dufft).

1874.

Inhalt.

Inhalt.

Die Gastraea-Theorie, die phylogenetische Classification des Thierreichs und die Homologie der Keimblätter.

Von

Ernst Haeckel.

Hierzu Tafel I.

1. Die causale Bedeutung der Phylogenie für die Ontogenie.

Die Entwickelungsgeschichte der Organismen hat in jüngster Zeit eine neue Periode ihrer Entwickelung dadurch begonnen, dass sie sich von der empirischen Erforschung der von ihr verfolgten Thatsachen zu der philosophischen Frage nach den natürlichen Ursachen derselben erhoben hat. Allerdings waren die denkenden Forscher im Gebiete der Biogenie schon seit mehr als einem halben Jahrhundert bemüht, durch die innige Verknüpfung von empirischer Beobachtung und philosophischer Reflexion sich über die blosse Kenntniss der biogenetischen Erscheinungen zu einem tieferen Verständniss ihrer Bedeutung zu erheben, und nach „Gesetzen der organischen Entwickelung" zu suchen. Allein dieses verdienstvolle Streben konnte so lange keine causalen Erkenntnisse erzielen, so lange man ausschliesslich die Entwickelung des organischen Individuums an sich verfolgte. Vielmehr ist diese Befriedigung des wissenschaftlichen Causalitäts-Bedürfnisses erst möglich geworden, seitdem wir im letzten Decennium begonnen

haben, die natürliche Entwickelung der organischen Species zu untersuchen, und durch diese Stammesgeschichte der organischen Arten die Keimesgeschichte der organischen Individuen zu erklären.

Nachdem Caspar Friedrich Wolff im Jahre 1759 durch seine „*Theoria generationis*" die Epigenesis zum unerschütterlichen Fundamente der gesammten Entwickelungsgeschichte erhoben und nachdem auf diesem festen, über ein halbes Jahrhundert hindurch unbekannt gebliebenen Grundsteine Christian Pander 1817 den ersten Entwurf der Keimblätter-Theorie vorgezeichnet hatte, gelang es 1828 Carl Ernst Baer in seiner „Entwickelungsgeschichte der Thiere", die Richtung zu bestimmen und die Bahn abzustecken, innerhalb deren die ganze folgende Embryologie sich bewegen musste. In diesem classischen Werke ist durch die glückliche Verbindung von sorgfältigster Beobachtung und philosophischer Reflexion, sowie durch die Verschmelzung der embryologischen mit der vergleichend-anatomischen und zoologisch-systematischen Forschung, die jugendliche Wissenschaft von der individuellen Entwickelung der Thiere zum Ausgangspunkte der gesammten wissenschaftlichen Zoologie erhoben, zu dem centralen Knotenpunkte geworden, in welchem alle verschiedenen Disciplinen der letzteren wieder zusammenlaufen müssen. Die glänzenden und fruchtreichen Arbeiten von Johannes Müller und Heinrich Rathke, welche namentlich im Gebiete der niederen Thiere unsere Kenntnisse ausserordentlich erweiterten, haben sich ganz innerhalb jener Bahnen gehalten. Selbst die bedeutendste Arbeit, welche die individuelle Entwickelungsgeschichte der Thiere nächst Baer's Fundamental-Werk aufzuweisen hat, die höchst werthvollen „Untersuchungen über die Entwickelung der Wirbelthiere" von Robert Remak (1851) müssen als unmittelbare Fortsetzung der Baer'schen Forschungs-Richtung angesehen werden; ihr originelles Hauptverdienst besteht darin, die empirisch-philosophische Untersuchung der embryologischen Processe von dem organologischen Gebiete auf das histologische hinübergeführt und die Richtigkeit der Grundsätze, welche Baer an den Individuen zweiter Ordnung, den Organen, aufgestellt hatte, auch an den Individuen erster Ordnung, den Zellen erprobt zu haben. Durch die weitere Ausbildung, die Remak der Keimblätter-Theorie gab, wurde dieselbe zugleich zum Ausgangspunkte der Histogenie erhoben.

Wenn so einerseits die klare Berechtigung und volle Gültigkeit der von Wolff und Baer in die Entwickelungsgeschichte einge-

führten Ideen, und vor allen der fundamentalen Keimblätter-Theorie, sich positiv in dem massgebenden Einfluss zeigte, den sie auf die bedeutendsten Untersuchungen ihrer zahlreichen Nachfolger ausübten, so wurde sie anderseits nicht minder negativ durch die Ohnmacht einzelner Gegner dargethan, welche die von jenen vorgezeichnete Bahn zu verlassen und eine neue, ganz abweichende Richtung einzuschlagen versuchten. Der prätensiöseste dieser Versuche ging von Carl Boguslaus Reichert aus, der in zahlreichen einzelnen Schriften, besonders aber in seinem Aufsatze über „das Entwickelungsleben im Wirbelthier-Reich" (1840) und in seinen „Beiträgen zur Kenntniss des Zustandes der heutigen Entwickelungsgeschichte" (1843) die Keimblätter-Theorie und die damit zusammenhängenden wesentlichsten Grundprincipien der Zoogenesis verwarf, und an ihre Stelle ein wüstes Conglomerat von phantastischen Einfällen zu setzen suchte, das nicht einmal den Namen einer wissenschaftlichen Hypothese, geschweige denn einer Theorie verdient. Während die vorhergenannten Häupter der Embryologie durch klare leitende Gedanken und Aufstellung von Entwickelungs-Gesetzen Licht und Ordnung in die chaotische Fülle der embryologischen Thatsachen zu bringen und die verwickelten Erscheinungen durch Zurückführung auf einfache Principien zu erklären bemüht waren, versuchte Reichert umgekehrt, sich dadurch ein vorübergehendes Ansehen zu erwerben, dass er die einfachsten Thatsachen als höchst verwickelt, das Gleichartige als grundverschieden und das Zusammengehörige als ganz getrennt darstellte. Seine höchst unklaren und verworrenen Gedanken-Knoten würden aber wohl ebenso in der Embryologie wie in der Histologie rasch wieder vergessen worden sein, wenn er es nicht verstanden hätte, ihnen durch eine schwülstige und mit philosophischen Kunstausdrücken verbrämte Phraseologie eine bunte Hülle überzuwerfen, und durch dieses äusserliche Blendwerk die Leere des Innern zu verdecken. Obgleich nun dadurch nicht Wenige sich wirklich blenden und zu einer bewundernden Anerkennung seiner confusen Behauptungen hinreissen liessen, wurden dieselben doch bald durch Baer, Rathke, Remak, Bischoff, Carl Vogt und Andere in ihrer wahren Nichtigkeit aufgedeckt, und dadurch nur um so glänzender die fundamentale Sicherheit der Keimblätter-Theorie bewiesen, die Reichert vergeblich zu zerstören versucht hatte[1]).

1) In historischen Betrachtungen über organische Entwickelungsgeschichte wird nicht selten neben und mit den Namen von Wolff, Baer, Remak u. s. w.

Den Anstoss zu einer bahnbrechenden neuen Richtung erhielt die Entwickelungsgeschichte erst hundert Jahre nach dem Erscheinen der *Theoria generationis*, als Charles Darwin 1859 sein epochemachendes Werk über die Entstehung der Arten veröffentlichte und durch die darin enthaltene Selections-Theorie eine höcht fruchtbare Reform der Descendenz-Theorie herbeiführte. Allerdings war diese letztere schon 1809 von Jean Lamarck in seiner tiefdurchdachten *Philosophie zoologique* mit vollem Bewusstsein ihrer Bedeutung als wahrer Grundgedanke der „biologischen Philosophie" hingestellt; sie wurde aber ebenso, wie Wolff's gleich bedeutende *Theoria generationis* ein volles halbes Jahrhundert hindurch von der sogenannten „exacten" Naturwissenschaft todtgeschwiegen. Lamarck hatte bereits mit voller Bestimmtheit die gemeinsame Abstammung aller Organismen von einer einzigen oder einigen wenigen einfachsten Urformen behauptet. Indem Darwin aber seine Theorie von der natürlichen Züchtung im Kampfe um's Dasein begründete, und nachwies, wie unter deren Einfluss die organischen Formen einer beständigen langsamen Umbildung unterliegen, ging er weit über Lamarck hinaus und lehrte uns für die von letzterem gelehrten Thatsachen die wahren bewirkenden Ursachen kennen: Die Wechselwirkung der Vererbung und Anpassung. Wenn nun auch zunächst dadurch nur der Ursprung der organischen Arten erklärt und eine „Entwickelungsgeschichte der Species" angebahnt werden sollte, so musste damit doch zugleich ein ganz neues Licht auch auf die

---

auch derjenige von Reichert als eines verdienstvollen Förderes derselben genannt. Dies kann nur so verstanden werden, dass Reichert durch seine völlig verfehlten und ohne jedes tiefere Verständniss der Entwickelungsgeschichte angestellten, ebenso eitlen wie anmassenden Versuche eine kräftige Reaction hervorrief. Ebenso wie er in der Histologie durch seine abenteuerlichen Angriffe auf die Protoplasma-Theorie nicht wenig beitrug, dieselbe zu kräftigen, ebenso hat er auch in der Embryologie durch seine unrichtige Lehre von den „Umhüllungshäuten", durch seine falchen „Bildungsgesetze" und durch seine gänzlich verfehlten Anschauungen von der Histogenese indirect die Wissenschaft mannichfach gefördert. Darin liegt aber doch kein Grund, seine negativen Verdienste mit den positiven eines Baer, Rathke, Remak u. s. w. zu vergleichen, die auch ihrerseits sich energisch dagegen verwahrt haben. Allerdings sind in Reichert's ausgedehnten embryologischen Untersuchungen einzelne brauchbare Beobachtungen enthalten (bekanntlich findet auch ein blindes Huhn bisweilen ein Korn); allein im Grossen und Ganzen sind sie zu den Arbeiten niedersten Ranges zu rechnen und nur mit denjenigen eines Dönitz, Dursy, His u. s. w. zusammenzustellen. Einzelne bedeutende Ideen, die Reichert als sein Eigenthum ausgiebt, hat derselbe nur von Rathke und Anderen entlehnt.

Entwickelungsgeschichte der Individuen, auf die Embryologie fallen. Die innige Beziehung, in welcher diese beiden Zweige der organischen Entwickelungsgeschichte, diejenige der Arten und diejenige der Individuen, zu einander stehen, konnte Darwin nicht entgehen. Doch hat er in seinem Hauptwerke, das vor Allem die Selections-Theorie zu begründen hatte, und ebenso in den übrigen darauf folgenden Schriften (namentlich in dem berühmten Werke über die Abstammung des Menschen) der Embryologie nur einen verhältnissmässig geringen Raum gewidmet und ihre hohe Bedeutung mehr gelegentlich gewürdigt

In meiner „allgemeinen Entwickelungsgeschichte der Organismen“ (im zweiten Bande der generellen Morphologie, 1866) habe ich den Versuch unternommen, jenes innige Verhältniss beider Zweige der Biogenie näher zu begründen und seine eigentliche Bedeutung nachzuweisen. Ich habe daselbst die paläontologische Entwickelungsgeschichte der Arten, die Phylogenie oder Stammesgeschichte als die wahre Ursache dargestellt, auf deren mechanischer Wirksamkeit die gesammte Entwickelungsgeschichte der Individuen, die Ontogenie oder Keimesgeschichte überhaupt beruht. Ohne die erstere würde die letztere überhaupt nicht existiren. Der Schwerpunkt dieses Verhältnisses liegt darin, dass der Zusammenhang zwischen beiden ein mechanisch-causaler ist. Die Ontogenie ist eine kurze Wiederholung der Phylogenie, mechanisch bedingt durch die Functionen der Vererbung und Anpassung[1]). Die Vererbung von gemeinsamen Vorfahren

1) In meinen „Ontogenetischen Thesen“, im 20. Capitel der generellen Morphologie (Band II, S. 295—300) habe ich dieses „biogenetische Grundgesetz“ mit folgenden Worten ausgedrückt: „Die Ontogenesis oder die Entwickelung der organischen Individuen, als die Reihe von Form-Veränderungen, welche jeder individuelle Organismus während der gesammten Zeit seiner individuellen Existenz durchläuft, ist unmittelbar bedingt durch die Phylogenesis oder die Entwickelung des organischen Stammes (Phylon), zu welchem derselbe gehört. Die Ontogenesis ist die kurze und schnelle Recapitulation der Phylogenesis, bedingt durch die physiologischen Functionen der Vererbung (Fortpflanzung) und Anpassung (Ernährung). Das organische Individuum wiederholt während des raschen und kurzen Laufes seiner individuellen Entwickelung die wichtigsten von denjenigen Formveränderungen, welche seine Voreltern während des langsamen und langen Laufes ihrer paläontologischen Entwickelung nach den Gesetzen der Vererbung und Anpassung durchlaufen haben.“ Dieses wahre „Grundgesetz der organischen Entwickelung“ ist die unentbehrliche Grundlage, auf der das ganze innere Verständniss der Entwickelungsgeschichte beruht.

bewirkt die typische Uebereinstimmung in Form und Structur der Jugendzustände jeder Klasse. Die Anpassung an verschiedenartige Existenz-Bedingungen der Umgebung bewirkt die Unterschiede, welche die daraus entwickelten Formen in den verschiedenen Arten jeder Klasse bezüglich ihrer Form und Structur darbieten. Die Vererbung fällt als physiologische Function unter die Erscheinungen der Fortpflanzung. Die Anpassung fällt ebenso als physiologische Function in das Gebiet der Ernährungs-Erscheinungen, wie im 19. Capitel der generellen Morphologie ausführlich nachgewiesen worden ist (S. 148—294).

Die Phylogenesis ist die mechanische Ursache der Ontogenesis. Mit diesem einen Satze ist unsere principielle monistische Auffassung der organischen Entwickelung klar bezeichnet, und von der Wahrheit dieses Grundsatzes hängt in erster Linie die Wahrheit der Gastraea-Theorie ab, deren Bedeutung nachstehend entwickelt werden soll. Für oder wider diesen Satz wird in Zukunft jeder Naturforscher sich entscheiden müssen, der in der Biogenie sich nicht mit der blossen Bewunderung merkwürdiger Erscheinungen begnügt, sondern darüber hinaus nach dem Verständniss ihrer Bedeutung strebt. Mit diesem Satze ist zugleich die unausfüllbare Kluft bezeichnet, welche die ältere, teleologische und dualistische Morphologie von den neueren, mechanischen und monistischen trennt. Wenn die physiologischen Functionen der Vererbung und Anpassung als die alleinigen Ursachen der organischen Formbildung nachgewiesen sind, so ist damit zugleich jede Art von Teleologie, von dualistischer und metaphysischer Betrachtungsweise aus dem Gebiete der Biogenie entfernt; der scharfe Gegensatz zwischen den leitenden Principien ist damit klar bezeichnet. Entweder existirt ein directer und causaler Zusammenhang zwischen Ontogenie und Phylogenie oder er existirt nicht. Entweder ist die Ontogenese ein gedrängter Auszug der Phylogenese oder sie ist dies nicht. Zwischen diesen beiden Annahmen giebt es keine dritte! Entweder Epigenesis und Descendenz — oder Präformation und Schöpfung!

In Beziehung auf diese entscheidende Alternative verdient His besondere Anerkennung, weil er sich wiederholt und bestimmt gegen unser biogenetisches Grundgesetz und gegen jeden Zusam-

Ich wiederhole dasselbe hier, weil einerseits seine Anerkennung das Verständniss der nachfolgenden Erörterungen bedingt, und weil dasselbe anderseits noch jetzt von vielen angesehenen Naturforschern bekämpft wird.

menhang von Ontogenie und Phylogenie ausgesprochen hat[1]). Er versucht statt dessen die ontogenetischen Erscheinungen in der oberflächlichsten Weise durch Krümmungen, Faltungen u. s. w. zu erklären, ohne dass er aber für diese „mechanischen" Entwickelungs-Processe irgend einen weiteren Grund, irgend eine bewirkende Ursache anzugeben weiss. Der unnütze Aufwand von mathematischen Berechnungen, den His dabei entwickelt, vermag

1) His, Untersuchungen über die erste Anlage des Wirbelthierleibes. Leipzig 1868. S. 211 ff., 223 u. s. w. Besonders characteristisch sind für seine Auffassung der Biogenie die allgemeinen Betrachtungen in der Rede „über die Bedeutung der Entwickelungsgeschichte für die Auffassuug der organischen Natur" (Leipzig, 1870, S. 35). His sieht sich hier „genöthigt, die Ansprüche der individuellen Entwickelungsgeschichte gegenüber der überwallenden Macht Darwin'scher Anschauungen zu wahren" und meint, „dass die sämmtlichen, der Morphologie oder der Entwickelungsgeschichte entnommenen Argumente „für Darwin" desshalb nicht von beweisender Kraft seien, weil sie als die unmittelbaren Folgen physiologischer Entwickelungsprincipien der Erklärung auf dem weiten Umwege genealogischer Verwandtschaft gar nicht bedürfen. (!) Wenn die genealogische Verwandtschaft der organischen Wesen wirklich in jener Alles umfassenden Ausdehnung besteht, welche die Theorie zu statuiren pflegt, so erscheinen allerdings alle typischen und entwickelungsgeschichtlichen Uebereinstimmungen als ganz selbstverständliche Consequenzen. (!!) Aus den typischen und entwickelungsgeschichtlichen Uebereinstimmungen auf die Blutsverwandtschaft zurückzuschliessen, möchte von dem Augenblick an nicht mehr gestattet sein, da sich Aussicht eröffnet, die verschiedenen Entwickelungsrichtungen als erschöpfende Verwirklichungen eines mathematisch bestimmten Kreises möglicher Wachsthumsweisen zu erkennen." Diese Erklärung von His widerlegt sich bei genauerer Prüfung von selbst. Um aber die völlige Haltlosigkeit seines Standpunktes einzusehen, braucht man nur näher auf die „physiologischen Entwickelungsprincipien" einzugehen, durch welche His die ontogenetischen Vorgänge „mechanisch zu erklären", die Descendenz-Theorie zu eliminiren und den Zusammenhang zwischen Ontogenese und Phylogenese zu leugnen sucht. Hier dürfte zur Characteristik derselben die Anführung eines einzigen Beispiels der Art und Weise genügen, durch welche His „Principien der Morphologie als nothwendige Folgen der mechanischen Entwickelungsgeschichte darzulegen" glaubt (a. a. O. S. 34). His sagt: „Wie einfach gestaltet sich die Homologie der vorderen und hinteren Gliedmassen, wenn wir erkennen, dass ihre Anlage, den vier Ecken eines Briefes ähnlich, bestimmt wird durch die Kreuzung von vier den Körper umgrenzenden Falten (!). Wie klar wird auch der sonst so schwierige Vergleich des vorderen mit dem hinteren Körperende, wenn wir auch hier auf das Grundverhältniss zurückgehen, dass der Kopf sowohl, als das hintere Körperende mit einer sich umklappenden Falte ihren Abschluss finden, und dass alle mechanischen Verhältnisse, welche eine solche Faltenumklappung begleiten, vorn sowohl als hinten zum Vorschein kommen müssen." Es dürfte schwer sein, in der ganzen morphologischen Literatur ein Beispiel einer gleich rohen und oberflächlichen Auffassung morphologischer Verhältnisse zu finden.

nicht den Mangel jedes wahren Causal-Princips zu verdecken, und seinen paradoxen Einfällen irgend einen Werth zu verleihen. Wie ich schon in der Biologie der Kalkschwämme (S. 472) erklärt habe, erscheinen solche Einfälle „nur einer humoristischen Beleuchtung, keiner ernstlichen Widerlegung fähig. Zugleich beweisen aber diese starken Missgriffe, wie nothwendig für Arbeiten auf dem schwierigen Felde der Ontogenie die Orientirung in dem Gebiete der vergleichenden Anatomie und die Beziehung der ontogenetischen Vorgänge auf ihre mechanischen phylogenetischen Ursachen, ihre wahren *causae efficientes* ist." Wenn His nur ein wenig mit den Thatsachen der vergleichenden Anatomie und mit der Ontogenie der wirbellosen Thiere bekannt gewesen wäre, würde er seine Versuche wohl schwerlich publicirt haben.

Um den vollen Gegensatz zwischen dieser angeblich exacten „physiologischen" Auffassung der Ontogenie und der von uns vertretenen Erklärung derselben durch die Phylogenie recht klar zu empfinden, braucht man mit jenen verunglückten Untersuchungen von His nur das mustergültige Bild der Entwickelungsgeschichte der Crustaceen zu vergleichen, welches Fritz Müller in seiner ideenreichen Schrift „Für Darwin" geliefert hat (Leipzig, 1864). Hier ist an dem vielgestaltigen Formenkreise einer ganzen Thierklasse der unmittelbare Zusammenhang der Ontogenese und Phylogenese nachgewiesen, und die erstere durch die letztere wirklich erlärt. Hier finden wir die beiden formbildenden Kräfte der Vererbung und Anpassung als die wahren „physiologischen" Ursachen der Ontogenese dargelegt, und die Gesetze ihrer Wirksamkeit erkannt. Als zwei der wichtigsten Sätze, welche Fritz Müller hier ausspricht, und welche gerade für unser Thema besondere Bedeutung besitzen, sind namentlich folgende hervorzuheben: „Die in der Entwickelungsgeschichte (der Individuen) erhaltene geschichtliche Urkunde (von der Entwickelung der Vorfahren) wird allmählig verwischt, indem die Entwickelung einen immer geraderen Weg vom Ei zum fertigen Thiere einschlägt, und sie wird häufig gefälscht durch den Kampf um's Dasein, den die frei lebenden Larven zu bestehen haben. Die Urgeschichte der Art (Phylogenesis) wird in ihrer Entwickelungsgeschichte (Ontogenesis) um so vollständiger erhalten sein, je länger die Reihe der Jugendzustände ist, die sie gleichmässigen Schrittes durchläuft, und um so treuer, je weniger sich die Lebensweise der Jungen von der der Alten entfernt, und je weniger die Eigenthümlichkeiten der einzlnen Jugendzustände als aus späteren in frühere Lebensab-

schnitte zurückverlegt oder als selbstständig erworben sich auffassen lassen". (Für Darwin, S. 77, 81). Indem nun Fritz Müller diese Gesetze durch die Ontogenese der verschiedenen Crustaceen begründet und aus der gemeinsamen Nauplius-Jugendform der verschiedensten Kruster auf eine gemeinsame, diesem Nauplius wesentlich gleiche Stammform der ganzen Klasse zurückschliesst, erklärt er zugleich eine Fülle von merkwürdigen Erscheinungen, welche ohne diese Anwendung der Descendenz-Theorie völlig unerklärlich und unbegreiflich dastehen. Daraus ergiebt sich aber unmittelbar die causale Bedeutung der Phylogenie für die Ontogenie.

2. Die causale Bedeutung der Gastraea-Theorie.

Die Anwendung des generellen biogenetischen Grundgesetzes auf die verschiedenen Theile der speciellen Biologie, vor allem auf das natürliche System der Organismen, ist eine wissenschaftliche Aufgabe, welche zwar von der denkenden Biologie selbstverständlich gefordert werden muss, welche aber bei jedem Versuche ihrer durchgreifenden Ausführung auf die grössten Hindernisse stösst. Diese Hindernisse sind zunächst durch den niederen Entwickelungszustand unserer biologischen Kenntnisse im Allgemeinen bedingt, namentlich durch die geringe Theilnahme, welche die Biologen bisher den beiden fundamentalen formbildenden Entwickelungs-Functionen der Vererbung und Anpassung gewidmet haben, ganz besonders aber durch die grosse Lückenhaftigkeit und Unvollständigkeit der empirischen sogenannten „Schöpfungs-Urkunden," welche uns die drei Disciplinen der Ontogenie, Paläontologie und vergleichenden Anatomie darbieten.

Trotz dieser grossen Hindernisse und Schwierigkeiten, deren Bedeutung ich nicht unterschätzen konnte, habe ich 1866 in meiner generellen Morphologie den ersten Versuch gewagt, mit Hülfe des biogenetischen Grundgesetzes die Descendenz-Theorie auf das natürliche System der Organismen anzuwenden, und in der „Systematischen Einleitung in die allgemeine Entwicklungsgeschichte" (S. XVII—CLX des zweiten Bandes) die Phylogenie zur Basis des natürlichen Systems zu erheben. In mehr populärer Form habe ich diesen Versuch erneuert und verbessert in meiner „Natürlichen Schöpfungsgeschichte" (1868; vierte Auflage 1873). Nun haben zwar diese ersten Versuche (als welche ich sie von Anfang an ausdrücklich bezeichnet habe) mit wenigen Ausnahmen unter den

zunächst betheiligten Fachgenossen nur lebhafte Missbilligung und entschiedenen Tadel gefunden; allein keiner derselben hat sich die Mühe gegeben, mein phylogenetisches System durch ein besseres zu ersetzen. Diese Aufgabe liegt aber für Jeden vor, der überhaupt die Descendenz-Theorie anerkennt und nach einem causalen Verständniss der organischen Formen strebt [1]).

Auf den nachstehenden Seiten werde ich nun den Versuch machen, jenen ersten genealogischen Entwurf des natürlichen Systems wesentlich zu verbessern und mit Hülfe des biogenetischen Grundgesetzes einerseits, der fundamentalen Keimblätter-Theorie anderseits, eine Theorie zu begründen, welcher ich eine causale Bedeutung für das natürliche System des Thierreichs, für das Verständniss der Entwickelung seiner „Typen" und der natürlichen Verwandtschaft seiner Hauptgruppen beimesse, und welche ich kurz mit einem Worte die Gastraea-Theorie nennen will. Der wesentliche Inhalt dieser Gastraea-Theorie beruht auf der Annahme einer wahren Homologie der primitiven Darmanlage und der beiden primären Keimblätter bei allen Thieren mit Ausnahme der Protozoen, und lässt sich kurz in folgenden Worten zusammenfassen: „Das ganze Thierreich zerfällt in zwei Hauptabtheilungen: die ältere, niedere Gruppe der Protozoen (Urthiere) und die jüngere, höhere Gruppe der Metazoen (Darmthiere). Die Hauptabtheilung der Protozoen oder Urthiere (Animale Moneren und Amoeben, Gregarinen, Acineten, Infusorien) erhebt sich stets nur zur Entwickelung der Thier-Individualität erster oder zweiter Ordnung (Plastide oder Idorgan); die Protozoen bilden niemals Keimblätter, besitzen niemals einen wahren Darm und entwickeln überhaupt keine

1) Die beste Vertheidigung gegen die vielfachen Angriffe, die mein phylogenetisches System der Organismen erlitten hat, scheint mir darin zu liegen, dass ich dasselbe beständig zu verbessern und damit ein Verständniss von dem causalen Zusammenhang der organischen Formen zu gewinnen suche, dass auf anderem Wege überhaupt nicht gewonnen werden kann. Die Angriffe eines der heftigsten meiner Gegner, Rütimeyer, nach dessen Ansicht überhaupt meine Stammbäume nicht mit dem Darwinismus und der Descendenz-Theorie zusammenhängen, habe ich bereits in der Vorrede zur dritten Auflage der „Natürlichen Schöpfungsgeschichte" zurück gewiesen. Es genügt hier, den naiven Satz anzuführen, mit welchem Rütimeyer selbst sein Verhältniss zur Descendenz-Theorie treffend characterisirt: „Mir erscheinen die Darwin'schen Lehren nur als eine Art Religion des Naturforschers, für oder wider welche man sein kann: Allein über Glaubenssachen ist es bekanntlich böse zu streiten und ich glaube daher auch nicht, dass Viel dabei herauskommt!"

differenzirten Gewebe; sie sind wahrscheinlich polyphyletischen Ursprungs und stammen von vielen verschiedenen, durch Urzeugung entstandenen Moneren ab. Die Hauptabtheilung der Metazoen oder Darmthiere (die sechs Thierstämme der Zoophyten, Würmer, Mollusken, Echinodermen, Arthropoden, Vertebraten) ist hingegen wahrscheinlich monophyletischen Ursprungs und stammt von einer einzigen gemeinsamen, aus einer Protozoen-Form hervorgegangenen Stammform, der Gastraea ab; sie erhebt sich stets zur Entwickelung der Thier-Individualität dritter oder vierter Ordnung (Person oder Cormus); die Metazoen bilden stets zwei primäre Keimblätter, besitzen stets einen wahren Darm (nur wenige rückgebildete Formen ausgenommen) und entwickeln stets differenzirte Gewebe; diese Gewebe stammen immer nur von den beiden primären Keimblättern ab, welche sich von der Gastraea auf sämmtliche Metazoen, von der einfachsten Spongie bis zum Menschen hinauf vererbt haben. Die Metazoen-Gruppe spaltet sich zunächst wieder in zwei Abtheilungen, einerseits die Zoophyten (oder Coelenteraten), bei denen sich in Folge festsitzender Lebensweise der sogenannte „radiale Typus" ausbildet, anderseits die Bilaterien (oder Sphenoten), bei denen sich in Folge kriechender Lebensweise der sogenannte „bilaterale Typus" entwickelt. Unter den Bilaterien stimmen die niederen Würmer (Acoelomi) durch Mangel des Coelom (der „Leibeshöhle") und des Blutgefässsystems mit den Zoophyten noch überein aus diesen primären älteren acoelomen Würmern haben sich erst secundär die höheren Würmer (Coelomati) durch Ausbildung eines Coelom und eines (damit zusammenhängenden) Blutgefäss-Systems entwickelt. Vier divergente Descendenten der coelomaten Würmer sind die vier typischen höchstentwickelten Thierstämme, die Thier-Typen oder Phylen der Mollusken, Echinodermen, Arthropoden und Vertebraten.

Die feste Grundlage für diese „Gastraea-Theorie" und für die weitreichenden Consequenzen, welche wir nachstehend daraus ableiten werden, liefert meine Monographie der Kalkschwämme (1872). Ich war bei der Ausarbeitung dieser Monographie allerdings zunächst nur bestrebt, einerseits eine möglichst gründliche und umfassende Darstellung sämmtlicher biologischer Verhältnisse dieser interessanten kleinen Thiergruppe zu liefern, anderseits auf Grund ihrer ausserordentlichen Formbiegsamkeit eine „analytische Lösung des Problems von der Entstehung der

Arten" zu versuchen, einen analytischen Beweis für die Wahrheit der Descendenz-Theorie zu geben. Allein neben diesem besonderen Hauptzwecke führte mich die Entwickelungsgeschichte der Kalkschwämme, die Entdeckung ihrer Gastrula-Form, sowie die Frage nach ihrer natürlichen Verwandtschaft und nach ihrer Stellung im Systeme des Thierreichs, von selbst und mit Nothwendigkeit zu der allgemeineren Frage nach der Homologie ihrer Keimblätter mit denjenigen der höheren Thiere, und somit weiterhin zu denjenigen Vorstellungs-Reihen, deren Kern mit einem Worte die Gastraea-Theorie bildet. Die Grundgedanken, welche nachstehend hier ausgeführt werden, sind alle bereits in der Monographie der Kalkschwämme enthalten; allein es fehlte dort an Raum und an passender Gelegenheit, sie weiter zu entwickeln. Indem ich diese Entwickelung der Gastraea-Theorie hier gebe, muss ich bezüglich der speciellen Beobachtungs-Reihen, welche mir dabei als sichere empirische Basis dienen, durchgängig auf die Monographie der Kalkschwämme mich beziehen [1]).

Für die scharfe Trennung des Thierreichs in die beiden Hauptabtheilungen der Protozoen und Metazoen, zwischen denen als fester Grenzstein die Gastraea steht, wurde nach oben hin dadurch der sicherste positive Anhalt gewonnen, dass ich bei den Spongien die Existenz eines Urdarms und die Entwickelung aus denselben beiden primären Keimblättern nachwies, welche bei allen Metazoen bis zu den Wirbelthieren hinauf dieselbe gemeinsame Grundlage für die ursprüngliche Körperbildung abgeben. Auf der andern Seite erhob sich die Forderung, für jene feste Grenzbestimmung nach unten hin dadurch eine entsprechende negative Sicherheit zu gewinnen, dass für sämmtliche Protozoen der vollständige Mangel des Urdarms und der

1) Insbesondere sind folgende Abschnitte im ersten Bande der „Kalkschwämme" zu vergleichen: Individualitätslehre (S. 89—124), Histologie (S. 130—S. 180), Organologie des Canal-Systems (S. 210—292), Entwickelungsgeschichte (S. 328—360), Anpassung (S. 381—391), Vererbung (S. 399—402) und Philosophie der Kalkschwämme (S. 453—484). Im letzteren Abschnitte sind namentlich die Reflexionen über die Stammform der Spongien (S. 453), die Keimblätter-Theorie und den Stammbaum des Thierreichs (S. 464, 465), das biogenetische Grundgesetz (S. 471) und die Ursachen der Formbildung (S. 481) für die Gastraea-Theorie von Bedeutung. Um unnütze Wiederholungen zu vermeiden muss ich auf diese Abschnitte aus dem ersten Bande (der Biologie der Kalkschwämme) wiederholt verweisen. Zahlreiche bezügliche Beobachtungen sind im zweiten Bande (dem System der Kalkschwämme) speciell mitgetheilt. Die erläuternden Abbildungen dazu sind auf den 60 Tafeln zu finden, welche den dritten Band (den Atlas der Kalkschwämme) bilden.

beiden primaeren Keimblätter nachgewiesen wurde. In dieser Beziehung boten eigentlich nur die Infusorien, insbesondere die Ciliaten, erhebliche Schwierigkeiten dar, da deren systematische Stellung bis in die neueste Zeit hinein zwischen den Urthieren, Pflanzenthieren und Würmern hin und her schwankte. Ich hoffe durch meine kürzlich veröffentlichten Untersuchungen „Zur Morphologie der Infusorien“ [1]) diese schwierige Frage definitiv erledigt und auch den Angriffen der neuesten Zeit gegenüber die zuerst von Siebold (1845) aufgestellte Ansicht sicher begründet zu haben, dass die Infusorien einzellige Organismen, mithin echte Protozoen sind.

Für den Nachweis der wahren Homologie der beiden primären Keimblätter bei sämmtlichen Metazoen, ohne welchen die Gastraea-Theorie nicht haltbar ist, waren mir von besonders hohem Werthe die ausgezeichneten Untersuchungen über die Ontogenie verschiedener niederer Thiere, welche A. Kowalevsky in den letzten sieben Jahren (in den Memoiren der Petersburger Akademie) veröffentlicht hat, und welche ich unter allen neueren ontogenetischen Arbeiten für die wichtigsten und folgereichsten halten muss [2]). Allerdings giebt Kowalevsky die von uns behauptete complete Homologie der beiden primären Keimblätter bei den verschiedenen Thierstämmen nicht zu und hält z. B. das Darmdrüsen-Blatt der Insecten, das Entoderm der Hydroiden u. s. w. für eigenthümliche Bildungen. Auch in der Deutung der secundären Keimblätter weicht er sehr von der unsrigen ab. Allein im Grossen und Ganzen glaube ich behaupten zu dürfen, dass die wichtigen, von ihm entdeckten Thatsachen lauter Beweise für die Wahrheit der Gastraea-Theorie sind. Dasselbe gilt von den ausgezeichneten und werthvollen Untersuchungen über die Ontogemie niederer Thiere, welche Edouard van Beneden jun. in verschiedenen Schriften, namentlich in seiner gekrönten Preisschrift über

---

1) Jenaische Zeitschrift, VII. Bd. 1873, S. 516, Taf. XXVII, XXVIII.

2) Die ontogenetischen Arbeiten von Kowalevsky, besonders diejenigen über Amphioxus, Ascidia, Euaxes, Holothuria u. s. w. haben bei Weitem noch nicht die Würdigung gefunden, welche sie wirklich verdienen. Dieser Umstand erklärt sich zum grossen Theil wohl durch die ausserordentlich nachlässige und unordentliche Form seiner Darstellung. Nicht allein wird das Verständniss dadurch sehr erschwert, dass der springende Gedankengang der logischen Gliederung und folgerichtigen Anordnung sehr entbehrt, sondern auch dadurch, dass die erläuternden Figuren zum Theil gar nicht erklärt, zum Theil falsch beziffert und ohne genügende Beziehung zum Texte gegeben sind.

die Zusammensetzung und Bedeutung des Thier-Eies (1870) mitgetheilt hat[1]).

In wesentlicher Uebereinstimmung mit den Vorstellungs-Reihen, welche mich zur Gastraea-Theorie geführt haben, hat kürzlich (im Mai 1873) E. Ray-Lankester einen sehr lesenswerthen Aufsatz über die primitiven Keimblätter und ihre Bedeutung für die Classification des Thierreichs veröffentlicht[2]). Zwar weichen im Einzelnen unsere Anschauungen mehrfach ab und namentlich ist unsere Auffassung der secundären Keimblätter, sowie des Coeloms und des Gefässsystems im Verhältniss zu den Urnieren u. s. w. grundverschieden. Jedoch in den meisten Beziehungen und besonders in Rücksicht auf die Homologie der primären Keimblätter stimmt Ray-Lankester's Auffassung wesentlich mit der unsrigen überein. Diese Uebereinstimmung ist um so erfreulicher, als wir beide unabhängig von einander und auf verschiedenen Wegen zu denselben Resultaten gelangt sind.

In Betreff der Folgerungen, welche ich nachstehend aus der Gastraea-Theorie ableite, und welche einige der wichtigsten Grundfragen der vergleichenden Anatomie und Entwickelungsgeschichte, sowie der Systematik des Thierreichs betreffen, muss ich diejenige Berechtigung naturphilosophischer Speculation (oder mit anderen Worten: denkender Vergleichung empirischer Resultate) in Anspruch nehmen, ohne welche überhaupt nach meiner Ueberzeugung die allgemeine Biologie keinen Schritt vorwärts thun kann. Ich habe meine Auffassung dieser Berechtigung der nothwendigen Verschmelzung von empirischer und philosophischer Methode in meiner „kritischen und methodologischen Einleitung in die generelle Morphologie der Organismen" sowie in meiner „methodologischen Einleitung" zur Monographie der Kalkschwämme hinreichend erörtert und kann hier einfach auf jene ausführliche Rechtfertigung dieses Standpunktes verweisen.

Jedenfalls dürfte durch die nachstehenden Erörterungen schon jetzt der Nachweis geliefert sein, dass die Typen-Theorie von Cuvier und Baer, welche über ein halbes Jahrhundert hindurch bis heute die Basis des zoologischen Systems bildete, durch die Fortschritte der Ontoge-

1) Edouard van Beneden, Recherches sur la composition et la signification de l'oeuf. Bruxelles, 1870.

2) E. Ray-Lankester, On the primitive cell-layers of the embryo as the basis of genealogical classification of animals, and on the origin of vascular and lymph systems. Annals and Mag. of nat. hist. 1873. Vol. XI. S. 321.

nie unhaltbar geworden ist. An ihrer Stelle errichtet die Gastraea-Theorie auf der Basis der Phylogenie ein neues System, dessen oberstes Classifications-Princip die Homologie der Keimblätter und des Urdarms, und demnächst die Differenzirung der Kreuzaxen und des Coeloms ist.

Grössere Bedeutung aber, als durch diese fundamentale Umgestaltung des zoologischen Systems, dürfte die Gastraea-Theorie dadurch gewinnen, dass sie der erste Versuch ist, ein causales Verständniss der wichtigsten morphologischen Verhältnisse und der typischen Hauptunterschiede im Bau der Thiere herbeizuführen, sowie die historische Reihenfolge in der Entstehung der thierischen Organ-Systeme aufzuklären. Vererbung und Anpassung in ihrer Wechselwirkung treten hier als die beiden einzigen formbildenden Factoren der organischen Form-Verhältnisse in ihr volles Licht. Vererbung und Anpassung sind die beiden einzigen „mechanischen Ursachen", mit deren Hülfe die Gastraea-Theorie die Entstehung der natürlichen Hauptgruppen des Thierreichs und ihrer characteristischen Organisations-Verhältnisse erklärt.

3. Die phylogenetische Bedeutung der zwei primären Keimblätter.

Diejenige individuelle Entwickelungs-Form des Thierreichs, auf deren allgemeine Verbreitung sich die Gastraea-Theorie zunächst stützt, ist die Gastrula (Taf. I, Fig. 1—8). Mit diesem Namen habe ich in der Biologie der Kalkschwämme denjenigen frühzeitigen Entwickelungszustand belegt, in welchem der embryonale Thierkörper die denkbar einfachste Form der Person darstellt: einen einaxigen ungegliederten hohlen Körper ohne Anhänge, dessen einfache Höhle (Urdarm) sich an einem Pole der Axe durch eine Mündung öffnet (Urmund), und dessen Körperwand aus zwei Zellenschichten oder Blättern besteht: Entoderm oder Gastral-Blatt und Exoderm oder Dermal-Blatt[1]).

1) Ueber den festen Individualitäts-Begriff der Person (als des Morphon oder des morphologischen Individuums dritter Ordnung) vergl. meine Biologie der Kalkschwämme, S. 113. Ueber den festen Begriff der Gastrula vergl. ebendaselbst S. 333. In vielen Fällen ist unsere Gastrula identisch mit der embryonalen Thierform, die man bisher Planula nannte; allein in vielen anderen Fällen ist die sogenannte „Planula" ein sehr verschieden zusammengesetzter Körper.

Die Gastrula ist die wichtigste und bedeutungsvollste Embryonal-Form des Thierreichs. Die ausserordentliche Bedeutung, welche ich derselben beimesse, stützt sich erstens darauf, dass dieselbe bei Thieren der verschiedensten Klassen, von den Spongien bis zu den Wirbelthieren in derselben characteristischen Form und Zusammensetzung wiederkehrt, und zweitens darauf, dass die morphologische und physiologische Beschaffenheit der Gastrula-Form an sich auf den monophyletischen Stammbaum des Thierreichs das hellste Licht wirft. Wollte man sich a priori eine möglichst einfache Thierform construiren, welche das wichtigste animale Primitiv-Organ, den Darm, und die beiden primären Keimblätter besitzt, so würde man zu derselben Form kommen, welche die Gastrula in Wirklichkeit darstellt.

Die Zusammensetzung und Structur der Gastrula habe ich in der Ontogenie der Kalkschwämme genau beschrieben (a. a. O. S. 333—337). Sie kehrt bei allen drei Familien dieser Thiergruppe stets in derselben Gestalt wieder, bei den Asconen (*Asculmis armata*, Taf. 13, Fig. 5, 6); bei den Leuconen (*Leuculmis echinus*, Taf. 30, Fig. 8, 9); bei den Syconen (*Sycyssa Huxleyi*, Taf. 44, Fig. 14, 15). Ueberall zeigt sie denselben wesentlichen Bau und unterscheidet sich nur in ganz unwesentlichen Verhältnissen. Der einaxige ungegliederte Körper ist bald kugelig, bald eiförmig oder länglich rund, seltener sphäroidal oder linsenförmig abgeplattet. Der Durchmesser beträgt meistens zwischen 0,1 und 0,2 Mm. Die primitive Magenhöhle oder der Urdarm (*Progaster*) ist von derselben Gestalt wie der Körper, und öffnet sich an einem Pole der Längsaxe durch eine einfache Mundöffnung (den Urmund, *Prostoma*). Die beiden Zellenschichten oder Blätter, welche die Magenwand zusammensetzen, unterscheiden sich in sehr characteristischer Weise. Die innere Zellenschicht, das Entoderm oder Gastralblatt, welches dem inneren oder vegetativen Keimblatte der höheren Thiere entspricht, besteht aus grösseren, dunkleren, kugeligen oder subsphärisch-polyedrischen Zellen, welche wenig von den Furchungszellen der Morula verschieden sind und durchschnittlich 0,01 Mm. Durchmesser haben. Die äussere Zellenschicht, das Exoderm oder Dermalblatt, welches dem äusseren oder animalen Keimblatte der höheren Thiere entspricht, besteht aus kleineren, helleren, cylindrischen oder prismatischen Zellen, von denen jede ein langes Flimmerhaar, eine schwingende Geissel trägt und bei 0,02 Mm. Länge nur 0,004 Mm. Dicke besitzt. (In den schematischen Darstellungen der

Gastrula auf der zu diesem Aufsatze gehörigen Taf. I, Fig. 1—8, sind die Flimmerhaare des Exoderms absichtlich weggelassen.)

Im Stamme der Pflanzenthiere (Zoophyten oder Coelenteraten) kömmt dieselbe Gastrula-Form nicht allein bei den verschiedensten Schwämmen, sondern auch bei den Acalephen sehr verbreitet vor [1]), bei Hydroidpolypen und Medusen, bei Ctenophoren und Corallen (Taf. I, Fig. 2). Im Stamme der Würmer findet sich dieselbe Gastrula (der sogenannte „infusorien-artige Embryo") bald in ganz derselben, bald in mehr oder minder modificirter Form bei den Plattwürmern (Turbellarien, Taf. I, Fig. 3 und Trematoden), bei den Rundwürmern (Nematoden, Sagitten), bei den Bryozoen und Tunicaten (Ascidien, Taf. I, Fig. 4), bei den Gephyreen und Anneliden (Phoronis, Euaxes, Lumbricus, Chaetopoden)[2]). Im Stamme der Echinodermen scheint die Gastrula bei allen vier Klassen sehr verbreitet zu sein, namentlich bei den Asteriden und Holothurien[3]) (Taf. I, Fig. 6). Im Stamme der Arthropoden ist die Gastrula zwar nirgends in der ursprünglichen reinen Form mehr vollständig conservirt; allein es ist sehr leicht, die frühesten Entwickelungsformen des Nauplius (als der gemeinsamen Crustaceen-Stammform) und vieler niederen Tracheaten auf die Gastrula zu reduciren[4]) (Taf. I, Fig. 7). Im Stamme der Mollusken scheint die Gastrula namentlich in den Classen der Muscheln und Schnecken sehr verbreitet zu sein, wahrscheinlich auch bei den Spirobranchien[5]); unter den Schnecken ist sie zuerst bei Limnaeus

1) Die Gastrula der Pflanzenthiere ist schon in vielen älteren und neueren Arbeiten über Spongien, Hydromedusen u. s. w. mehr oder weniger deutlich beschrieben und abgebildet worden. Vergl. die Mittheilungen von Kowalevsky „über die Entwickelung der Coelenteraten" (Göttinger Nachrichten 1868, S. 154), ferner die Arbeiten von Agassiz, Allman u. s. w.

2) Ueber die Gastrula der Würmer sind besonders die Arbeiten von Kowalevsky zu vergleichen, Memoires de l'Acad. de St. Petersbourg, Tom. X, No. 15 (1867), Tom. XVI, No. 12 (1871); seine Ontogenie der Phoronis, der Ascidien, und die embryologischen Studien an Würmern und Arthropoden.

3) Ueber die Gastrula der Echinodermen geben Aufschluss die Darstellungen von Johannes Müller, von Alexander Agassiz (Embryology of the Starfish, Taf. I, Fig. 25—28) und von Kowalevsky (Ontogenie der Holothurien).

4) Dass auch die Vorfahren der Arthropoden sich aus der Gastrula entwickelt haben müssen, ergiebt sich klar aus der Vergleichung ihrer einfachsten frühesten Jugendzustände mit der Gastrula der Würmer (Vergl. besonders die Arbeiten von Edouard van Beneden und Bessels über die Ontogenie der Crustaceen, von Weismann über die Ontogenie der Insecten).

5) Die Gastrula der Mollusken hat in einer kürzlich erschienenen

beobachtet worden (Taf. I, Fig 5). Im Stamme der Vertebraten endlich ist die ursprüngliche Gastrula-Form nur noch bei den Acranien (Amphioxus) vollständig conservirt (Taf. I, Fig. 8). Indessen lässt die Continuität, welche zwischen der Ontogenie des Amphioxus und der übrigen Wirbelthiere existirt, keinen Zweifel darüber bestehen, dass auch die Vorfahren der letzteren in früheren Zeiten der Erdgeschichte im Beginne ihrer Ontogenese die Gastrula-Form durchlaufen haben [1].

Diese Erscheinung, dass die Gastrula als früher individueller Entwickelungszustand bei Repräsentanten aller Thierstämme (nur die Protozoen ausgenommen) in derselben wesentlichen Zusammensetzung und Form wiederkehrt, ist eine biogenetische Thatsache von der grössten Bedeutung, und gestattet nach dem biogenetischen Grundgesetze den sicheren Schluss, dass alle diese Phylen des Thierreichs (mit Ausschluss der Protozoen) von einer einzigen unbekannten Stammform gemeinsam abstammen, welche im Wesentlichen der Gastrula gleichgebildet war. Ich habe diese uralte, längst ausgestorbene Stammform, welche schon in früher Primordial-Zeit (während der laurentischen Periode) gelebt haben muss, in der Philosophie der Kalkschwämme Gastraea genannt (a. a. O. S. 345, 347, 467). Die Annahme dieser Stammform, deren nächste Nachkommen während jenes Zeitraums wahrscheinlich in vielen verschiedenen Gattungen und Arten von Gastraeaden auftraten, ist fest begründet durch die Homologie oder die morphologische Identität der Gastrula bei den verschiedensten Thierstämmen. Ein Zeugniss von besonderer Bedeutung ist dafür der Umstand, dass die Zellen der beiden Keimblätter ihre unterscheidenden Charactere überall (durch Vererbung) bewahrt haben. Ueberall sind die Zellen des inneren Keimblattes oder Entoderms durch indifferentere Beschaffenheit ausgezeichnet; ihre Form ist kugelig oder irregulär-polyedrisch, ihr Protoplasma ist trübe, körnig, locker, fettreich und färbt sich durch Carmin rasch und intensiv; ihr Nucleus ist gewöhnlich kugelig; meistens flim-

Abhandlung E. Ray-Lankester beschrieben (Annals and. Mag. February 1873, S. 86, 87). Bei vielen Muscheln und Schnecken entwickelt sie sich genau in derselben Weise, wie bei den Zoophyten, Würmern, Echinodermen, Amphioxus u. s. w.

1) Die Gastrula der Wirbelthiere, welche jetzt nur noch Amphioxus besitzt, hat uns Kowalevsky in seiner Ontogenie dieses ältesten Wirbelthieres kennen gelehrt (a. a. O. Taf. I. Fig. 16, 17).

mern sie nicht. Hingegen sind die Zellen des äusseren Keimblattes oder Exoderms weiter differenzirt; ihre Form ist meistens cylindrisch oder konisch; ihr Protoplasma ist hell, klar, dicht, fettarm und färbt sich durch Carmin langsamer und weniger intensiv; ihr Nucleus ist gewöhnlich länglich; meistens flimmern die Exoderm-Zellen [1]). Offenbar sind dieselben durch Anpassung an die umgebende Aussenwelt stärker modificirt als die innen gelegenen Entoderm-Zellen, welche den ursprünglichen Character der Morula-Zellen getreuer bewahrt haben. Auch verläuft die ontogenetische Bildung und Vermehrung bei den Exoderm-Zellen rascher als bei den Entoderm-Zellen.

Aus der Homologie der Gastrula bei allen Thierstämmen (mit Ausschluss der Protozoen) folgt mit Nothwendigkeit die wahre Homologie der ursprünglichen Darmanlage bei allen Thieren, sowie die Homologie der beiden primären Keimblätter, auch bei allen jenen höheren Thieren, die nach dem Gesetze der abgekürzten Vererbung den ursprünglichen Gastrula-Zustand verloren haben. Diese Homologie halte ich für so ausserordentlich wichtig, dass ich darauf hin den monophyletischen Ursprung der sechs höheren Thierstämme von der gemeinsamen Stammform der Gastraea annehme und sie alle zusammen als Keimblatt-Thiere (*Metazoa* oder *Blastozoa*) den noch nicht zur Keimblatt-Bildung gelangten Urthieren (*Protozoa*) gegenüber stelle. Diese Annahme bildet den Kern der Gastraea-Theorie, deren wichtigste Consequenzen nachstehend entwickelt werden sollen.

Dass die beiden permanenten Bildungshäute der Acalephen, Entoderm und Exoderm, den beiden Keimblättern der höheren Thiere wirklich homolog sind, hatte schon 1849 Huxley in seiner ausgezeichneten Abhandlung „On the anatomy and the affinities of the Medusae" behauptet [2]). Später ist dann vor Allen Kowalevsky

1) Die Unterschiede zwischen dem Protoplasma der Exoderm- und Entoderm-Zellen sind ganz analog, wie die Unterschiede zwischen der hyalinen Rindenschicht (*Exoplasma*) und der körnigen Markschicht (*Endoplasma*) in dem einzelligen Thierkörper der Infusorien, Amoeben u. s. w.

2) Philosophical Transactions, 1849, S. 425. „A complete identity of structure connects the foundation membranes of the Medusae with the corresponding membranes in the rest of the series; and it is curious to remark, that throughout, the inner and outer membranes appear to bear the same physiological relation to one another as do the serous and mucous layers of the germ: the outer becoming developed into the muscular system and giving rise to the organs of offence and defence; the inner, on the other hand, appearing

in einer Reihe von bedeutungsvollen ontogenetischen Arbeiten bemüht gewesen, diese Homologie über den grössten Theil des Thierreichs auszudehnen und zu zeigen, dass (mit wenigen Ausnahmen) die beiden wohlbekannten ursprünglichen Keimblätter der Wirbelthiere auch bei den wirbellosen Thieren der verschiedensten Stämme wiederkehren. Besonders wichtig wurde in dieser Beziehung seine glänzende Entdeckung von der identischen Ontogenese des Amphioxus und der Ascidien (1867), eine der bedeutendsten und folgenreichsten Entdeckungen der neueren Zoologie [1]). Am weitesten ausgeführt, zugleich aber doch theilweise beschränkt ist diese Homologie der beiden primordialen Keimblätter und der zunächst daraus entstehenden Organe in KOWALEVSKY's neuester Arbeit, den „embryologischen Studien an Würmern und Arthropoden" (1871). Die scharfsinnigste Beurtheilung und die entschiedenste Vertretung hat diese Theorie sodann durch NIKOLAUS KLEINENBERG in seiner vortrefflichen Monographie der Hydra gefunden, einem Werke, welches durch die glückliche Verbindung von genauester objectiver Beobachtung und klarer philosophischer Reflexion eine hervorragende Stellung unter den neueren morphologischen Arbeiten einnimmt. Endlich habe ich selbst in der Biologie der Kalkschwämme (a. a. O. S. 464) nachgewiesen, dass bei den Spongien die beiden primären Keimblätter zeitlebens in ihrer einfachsten Form persistiren, dass das äussere animale Keimblatt hier gleichzeitig die animalen Functionen der Empfindung und Bewegung, Skeletbildung und Deckung versieht, während das innere vegetative Keimblatt lediglich die vegetativen Functionen der Ernährung und Fortpflanzung besorgt. Zugleich habe ich daselbst die Keimblätter-Theorie direct auf den monophyletischen Stammbaum des Thierreichs angewendet und dadurch dem natürlichen System desselben die feste biogenetische Basis zu geben gesucht.

---

to be more closely subservient to the purposes of nutrition and generation."

1) Die bedeutende Tragweite, welche wir KOWALEVSKY's von KUPFFER bestätigter Entdeckung beimessen. beruht nach unserer Auffassung auf zwei Punkten. Erstens ist dadurch die tiefe Kluft zwischen den Wirbelthieren und den Wirbellosen ausgefüllt, welche bisher für unausfüllbar und für ein Haupthinderniss der Descendenz-Theorie galt. Zweitens ist dadurch auch für die Wirbelthiere, ebenso wie für die verschiedensten Wirbellosen, die ursprüngliche ontogenetische Entwickelung aus der Gastrula, mithin die gemeinsame Descendenz von der Gastraea nachgewiesen. Alle Versuche, welche in neuester Zeit von verschiedenen Autoren gemacht worden sind, die Thatsache dieser fundamentalen Entdeckung zu bestreiten oder ihre Bedeutung zu entkräften, erscheinen so schwach, dass sie keiner Widerlegung bedürfen.

Als complet homolog im strengsten Sinne können durch die ganze Thierreihe hindurch (nach Ausschluss der Protozoen, also bei allen Metazoen, von den Spongien bis zu den Vertebraten hinauf) nur die beiden primären Keimblätter und die von ihnen umschlossene primitive Darmhöhle gelten. Die beiden Zellenschichten der Gastrula und der durch sie recapitulirten Gastraeaden, sowie das Exoderm und das Entoderm der Spongien sind in diesem strengsten Sinne unzweifelhaft complet homolog den beiden primären Keimblättern beim Embryo der Wirbelthiere, Gliederthiere, Weichthiere, Sternthiere und Würmer. Die scheinbaren Hindernisse, welche die Ausbildung eines Nahrungsdotters (und die damit zusammenhängende partielle Furchung) bei den meisten höheren Thieren dieser completen Homologie bereitet, sind leicht zu beseitigen und durch secundäre Anpassung zu erklären. Hingegen wird diese Homologie incomplet, sobald sich die beiden primären Keimblätter zu differenziren und zwischen ihnen ein mittleres Keimblatt (Mesoderm) zu entwickeln beginnt. Die Ontogenese der Pflanzenthiere und Würmer lehrt deutlich, dass dieses mittlere Keimblatt stets als secundäres Product von einem der beiden primären Keimblätter oder von beiden zugleich abzuleiten ist. Eines oder beide primäre Keimblätter müssen daher nothwendig bei der Production des Mesoderms eine Differenzirung eingehen und können in Folge dessen jetzt nicht mehr mit den beiden unveränderten und permanenten Keimblättern der Gasträaden und Spongien (Exoderm und Entoderm) complet verglichen werden. Sie müssen jetzt vielmehr, gleich den Mesoderm-Schichten selbst, als secundäre Keimblätter unterschieden werden[1]).

1) Die ursprüngliche Homologie der Gastrula in allen verschiedenen Thierstämmen, von den Spongien bis zu den Vertebraten, aus der wir hier direct auf die wahre Homologie des Darmes bei allen diesen Thieren, und auf ihre gemeinsame Descendenz von der Gastraea schliessen, ist von solcher Bedeutung, dass ich wenigstens den wichtigsten unter den Einwürfen, die man dagegen erheben könnte, widerlegen will. Dieser Einwurf betrifft die scheinbar sehr verschiedene Entstehung der Gastrula aus der Morula. In den meisten Fällen entsteht aus der Morula zunächst eine kugelige Keimblase deren Wand aus einer Zellenschicht zusammengesetzt ist. Indem sich diese Blase an einer Stelle selbst einstülpt, entsteht ein zweiblätteriger Becher. Wenn diese Einstülpung vollendet ist, so dass der eingestülpte Theil (Entoderm oder Gastralblatt) sich innen an den äusseren, nicht eingestülpten Theil (Exoderm oder Dermalblatt) anlegt, ist die Gastrula fertig. Dieser Bildungs-Modus der Gastrula scheint der ursprüngliche zu sein. In anderen Fällen hingegen höhlt sich die Morula von innen her aus und die centrale Höhlung

4. Die phylogenetische Bedeutung der vier secundären Keimblätter.

Während sich die Homologie der beiden primären Keimblätter mit dem Exoderm und Entoderm der Gastrula, und die phylogenetische Identität derselben in allen Thierstämmen (mit Ausnahme der Protozoen) schon jetzt ziemlich sicher annehmen lässt, so ist dagegen die Auffassung und Deutung des sogenannten Mesoderms oder des mittleren (dritten) Keimblattes, und aller der Theile, die sich aus diesem zwischen den beiden primären Keimblättern entwickeln, noch vielen Bedenken unterworfen. Die Widersprüche, welche in dieser Beziehung zwischen den verschiedenen Autoren existiren, sind so gross und so fundamental, dass es bei dem gegenwärtigen Zustande der ontogenetischen Literatur völlig unmöglich ist, dieselben in Uebereinstimmung zu bringen. Nicht allein wird der Ursprung und die weitere Entwickelung des mittleren Keimblattes in den verschiedenen Thiergruppen ganz verschieden geschildert, sondern sogar bei einem und demselben Thiere (wie z. B. beim Huhn, bei der Forelle) behaupten verschiedene Beobachter mit gleicher Sicherheit völlig entgegengesetzte Thatsachen. Der eine Autor lässt das Mesoderm eben so bestimmt aus dem unteren, wie der zweite Autor aus dem oberen Keimblatt hervorgehen; ein dritter Autor meint, dass ein Theil des Mesoderms aus dem unteren, ein anderer Theil aus dem oberen Keimblatt entstehe, und ein vierter Autor lässt gar einen Theil des mittleren Keimblatts oder auch wohl das Ganze aus dem nicht organisirten Nahrungsdotter „von aussen" hineinwandern! Will man nun auch einen grossen Theil dieser unvereinbaren Widersprüche durch die Schwierigkeit der Beobachtung entschuldigen, so ist doch sicher der grössere Theil nur durch das flüchtige oder unmethodische Verfahren der Beobachter bedingt. Gerade in der Ontogenie des Mesoderms zeigt sich schlagend, wie nothwendig für ontogenetische Untersuchungen der beständige Hinblick auf die vergleichende Anatomie und die Phylogenie ist.

Um die Schwierigkeiten, welche die Entstehung des mittleren oder motorischen Keimblattes wirklich darbietet, zu bewältigen.

(Magenhöhle), deren Wand aus zwei Blättern besteht, bricht secundär nach aussen durch (Mundöffnung). Dieser Bildungs-Modus der Gastrula scheint aus dem ersteren durch abgekürzte Vererbung zusammengezogen zu sein. Das Resultat ist in beiden Fällen ganz dasselbe, und die scheinbar bedeutende Verschiedenheit der Genese ist secundär, als Anpassungs-Wirkung zu betrachten, wie Ray-Lankester (O. a. a. S. 330) sehr gut gezeigt hat.

dürfte es vor Allem gerathen sein, von vornherein die beiden wesentlich verschiedenen Bestandtheile zu sondern, aus denen dasselbe später zusammengesetzt erscheint, nämlich erstens die äussere Lamelle: Baer's Fleischschicht, Remak's Hautplatte (besser: Hautfaserplatte) oder das Hautmuskelblatt (Parietal-Blatt des Mesoderms); und zweitens die innere Lamelle: Baer's Gefässschicht, Remak's Darmfaserplatte oder das Darmmuskelblatt (Visceral-Blatt des Mesoderms). Es sprechen nämlich wichtige Gründe für die Annahme, dass diese beiden Blätter phylogenetisch ursprünglich verschieden sind, obgleich sie ontogenetisch bei vielen Thieren als secundäre Differenzirungen eines scheinbar einfachen mittleren Blattes auftreten. Diese Anschauung wurde bereits von Baer vertreten, der jedes der beiden primären Keimblätter in zwei Lamellen zerfallen lässt. Aus der Spaltung des äusseren oder animalen Keimblattes entsteht die Hautschicht und die Fleischschicht; aus der Spaltung des inneren oder vegetativen Keimblattes entsteht die Gefässschicht und die Schleimschicht. Später wurde aber diese Anschauung fast allgemein verlassen und angenommen, dass zunächst nur aus einem der beiden primären Keimblätter ein drittes, mittleres Blatt entsteht, und dass die „Fleischschicht" und „Gefässschicht" Spaltungs-Producte dieses letzteren sind.

Allerdings scheint bei den Wirbelthieren schon die allererste Anlage des Mesoderms eine einheitliche zu sein, so dass die ganze Zellenmasse desselben von einem der beiden primären Keimblätter abzuleiten wäre. Allein schon der Umstand, dass bei einem und demselben Wirbelthier ein Theil der zuverlässigeren Beobachter mit derselben Bestimmtheit das mittlere Blatt aus dem oberen (animalen), wie ein anderer Theil aus dem unteren (vegetativen) Keimblatte ableitet, lässt die Vermuthung aufkommen, dass beide primäre Keimblätter sich am Aufbau des mittleren Keimblattes betheiligen. Diese Vermuthung wird fast zur Gewissheit durch die Vergleichung der Mesoderm-Entwickelung bei den verschiedenen Wirbellosen, wo in vielen Fällen nur das Hautmuskelblatt sich aus dem oberen Keimblatt, hingegen das Darmmuskelblatt aus dem unteren Keimblatt entwickelt. Unter vielen darauf bezüglichen Beobachtungen sind namentlich diejenigen von Kowalevsky über Euaxes bedeutungsvoll (Petersb. Mem. 1871, T. XVI, Nr. 12, S. 16, Taf. III). Uebrigens liegen auch bei den Wirbelthieren aus neuester Zeit mehrfache Beobachtungen vor, aus denen zu folgen scheint, dass ursprünglich, primär

bei ihnen derselbe Entwickelungs-Modus stattfindet und dass die Vereinigung der beiden Muskelblätter in dem einfachen mittleren Keimblatt ein secundärer Vorgang, die darauf folgende Spaltung des letzteren in die beiden ersteren mithin ein tertiärer Process ist (Vergl. Taf. I, Fig. 11—16 nebst Erklärung). Besonders wichtig erscheint hierfür die genaueste Untersuchung der Vorgänge im Axentheile der Vertebraten-Keimscheibe. Hier erscheinen schon sehr frühzeitig die sämmtlichen Keimblätter mehr oder minder innig zu der indifferenten Zellenmasse vereinigt, welche His mit dem Namen Axenstrang belegt und neben den Keimblättern zu den Uranlagen des Embryo rechnet. Diese letztere Ansicht ist ganz gewiss falsch. Denn wie die Vergleichung der Gastrula bei den verschiedenen Thierstämmen lehrt, ist überall die Scheidung der beiden primären Keimblätter ursprünglich eine vollständige; ihre Verbindung im Axenstrange der Wirbelthiere ist als secundäre Concrescenz aufzufassen. Sehr wichtig aber erscheint die Beobachtung, dass dieser Axenstrang aus Zellen des unteren und oberen Keimblattes zusammengesetzt ist, und Zellen sowohl für die untere wie für die obere Lamelle des Mesoderms liefert. Sehr bedeutungsvoll ist ferner der Umstand, dass auch bei vielen Wirbelthieren schon sehr frühzeitig, gleich nach der Sonderung der Chorda von den Seitenplatten, und noch vor Differenzirung der Urwirbelplatten (!) eine horizontale Spaltung der Seitenplatten eintritt, die bis gegen die Axe hingeht. Allerdings verschwindet diese Sonderung des Mesoderms in zwei mittlere Blätter wieder während der Sonderung der Urwirbelplatten; sie ist aber doch wohl als Vorläufer der späteren bleibenden Spaltung der Seitenplatten aufzufassen. Eine entscheidende Bedeutung für diese wichtige Frage möchte ich der Beobachtung von Kowalevsky beilegen, wonach bei Amphioxus unzweifelhaft nur das Hautmuskelblatt vom äusseren, hingegen das Darmmuskelblatt vom inneren Keimblatt abstammt. Beide Muskelblätter sind hier ursprünglich völlig getrennt (a. a. O. S. 6; Taf. II, Fig. 20). Vergl. Taf. I, Fig. 13.

Betrachtet man dieses schwierige Problem im Lichte der Descendenz Theorie, so ergiebt sich als das Wahrscheinlichste, dass die Zellen der Darmfaserplatte oder des Darmmuskelblattes sich in ähnlicher Weise aus den Zellen des Gastralblattes oder des vegetativen Blattes entwickeln, wie die Zellen der Hautfaserplatte oder des Hautmuskelblattes sich ursprünglich aus den Zellen des Dermalblattes oder des animalen Blattes hervorbilden. Für letzteren

Vorgang ist die wichtige Entdeckung von KLEINENBERG höchst bedeutsam, wonach die Muskelfasern der Hydra (die erste Anlage des Mesoderms) noch nicht einmal selbstständige Zellen, sondern bloss faserförmige Fortsätze der nervösen Zellen des äusseren Keimblattes, der „Neuro-Muskel-Zellen" sind.

Damit ist nun keineswegs gesagt, dass überall das Mesoderm aus diesen beiden Blättern ursprünglich zusammengesetzt wird. Da beide Muskelblätter hiernach unabhängig von einander entstanden wären, das dermale — der Hautmuskelschlauch — als Bewegungs-Organ für die Haut, das gastrale — der Darmmuskelschlauch — als Bewegungs-Organ für den Darm, so ist auch phylogenetisch der Fall denkbar, dass nur eines von Beiden zur Entwickelung gelangt. Dieser Fall liegt in der That bei einigen Hydroiden und wahrscheinlich bei der Mehrzahl der Acalephen vor; das Darmmuskel-Blatt fehlt hier und das ganze Mesoderm ist Product des Exoderms, entspricht also mit allen seinen Theilen nur dem Hautmuskel-Blatt.

Dass bei den Wirbelthieren die beiden Muskelblätter im Axentheile des Körpers anfänglich zusammenhängen und erst später sich scheiden, lässt sich aus einem sehr alten Verwachsungsprocess der vier ursprünglich getrennten secundären Keimblätter erklären, der in der Axe des Körpers bei den ältesten Acranien stattfand und mit der Entstehung eines inneren, centralen Axen-Skelets (der Chorda) in ursächlichem Zusammenhange stand. Dass gerade hier in dem „Axenstrang" die Keimblätter sich schon frühzeitig inniger verbanden und dadurch vielfach eine ontogenetische Trübung und Abkürzung der ursprünglichen phylogenetischen Vorgänge erfolgte, darauf deutet auch die sehr frühzeitige Differenzirung der Chorda und viele andere eigenthümliche Vorgänge hin, welche in diesem axialen Körpertheile frühzeitig stattfinden. Hingegen lassen sich durch die Annahme, dass dieser centrale „Axenstrang" ein secundäres Verwachsungs-Product ist, und dass demnach beide primäre Keimblätter (bei den fünf höheren Thierstämmen!) an der Zusammensetzung des Mesoderms Theil nehmen, nicht allein viele von jenen eigenthümlichen Vorgängen, sondern auch die Widersprüche der meisten Autoren befriedigend aufklären.

Bei dieser Auffassung lässt sich auch die Entstehung der Leibeshöhle sehr einfach physiologisch erklären. Man kann sich dieselbe ganz mechanisch vorstellen, sobald man sich die so eben entwickelten beiden Muskelblätter in gleichzeitiger und von

einander unabhängiger Action denkt. Es wird dann zwischen Beiden sich nothwendig eine Spaltung herstellen und in der so entstandenen Höhle Flüssigkeit ansammeln. Diese durch die Darmwand in die primitive Leibeshöhle transsudirte Flüssigkeit ist das erste Blut, und einzelne während der Transsudation abgelöste Zellen des Darmfaser-Blattes, welche in dieser primitiven Blutflüssigkeit bleiben und sich vermehren, sind die ersten Blutzellen.

Die wahre Leibeshöhle der Thiere, das Coeloma (oder die sogenannte „Pleuroperitonealhöhle"[1]) ist demnach phylogenetisch ebenso durch Auseinanderweichen der beiden Muskelblätter oder mittleren Keimblätter entstanden, wie das ontogenetisch aus der Embryologie der Wirbelthiere seit Remak sicher bekannt ist. Da wo die beiden Blätter in Zusammenhang bleiben und den Darm an der Leibeswand festgeheftet erhalten, bildet sich das Mesenterium. Ich habe meine morphologische Auffassung der Leibeshöhle bereits in der Biologie der Kalkschwämme (S. 467) auseinandergesetzt und begnüge mich daher hier damit, nochmals ausdrücklich hervorzuheben, dass nach meiner Auffassung das Coelom durch den angegebenen Vorgang (Auseinanderweichen der beiden Muskelblätter) zuerst bei den Würmern entstanden ist und sich von diesen auf die vier höheren Thierstämme vererbt hat. Das Coelom oder die wahre Leibeshöhle fehlt hingegen noch sämmtlichen Zoophyten (Spongien und Acalephen), sowie den niedersten Würmern, den Plathelminthen (Turbellarien, Trematoden, Cestoden). Mit dem Coeloma fehlt diesen Thieren zugleich das Blut und das Gefäss-System überhaupt. Denn diese Theile sind untrennbar verbunden. Wo sich die erste Spur von wahrer Leibeshöhle zeigt, da ist auch schon das erste Blut vorhanden, nämlich der Saft, der letztere erfüllt, die primitive „Haemolymphe" oder „Haemochylus".

Bei dieser Auffassung des Coeloma befinde ich mich in fundamentalem Gegensatze zu der von den meisten Zoologen getheilten Ansicht von Leuckart, der den Zoophyten (seinen Coelenteraten) ein echtes Coelom zuschreibt und (noch 1869) den Satz verthei-

1) Die technische Bezeichnung *Coeloma*, welche ich in der Biologie der Kalkschwämme für die wahre Leibeshöhle der Thiere vorgeschlagen habe (S. 468) verdient vor dem bisher üblichen Ausdrucke *Pleuroperitonealhöhle* nicht allein wegen der grösseren Kürze und Bequemlichkeit den Vorzug, sondern vor allem desshalb, weil die letztere Bezeichnung auf die Wirbellosen im eigentlichen Sinne gar nicht anwendbar ist und eigentlich sich auf den jüngsten und am meisten differenzirten Zustand des Coeloms bezieht, wie er nur den höchsten Wirbelthieren zukommt.

digte: „Die Leibeshöhle der Coelentraten liegt nicht zwischen Exoderm und Entoderm, sondern wird von lezterem umschlossen“ [1]). Eben so wenig kann ich die Auffassung von KOWALEVSKY theilen, welcher die Furchungshöhle oder Segmentationshöhle für die erste Anlage der Leibeshöhle erklärt. Ich kann in diesem Hohlraum, der sich während der Furchung zwischen den Furchungszellen bildet und später die Höhlung der Keimblase (Vesicula blastodermica) bildet, nur eine vorübergehende Höhlung ohne jede bleibende morphologische Bedeutung erblicken. In der That verschwindet dieselbe auch immer wieder im Laufe der Ontogenese und geht niemals direct in das wahre Coelom über. Dieses letztere erscheint erst viel später, als eine wahre Neubildung, eine Spalte zwischen den beiden Muskelblättern. Nach KOWALEVSKY's Ansicht würde das Coelom phylogenetisch viel älter als die Darmhöhle sein, während in der That das Umgekehrte der Fall ist. Der Darm hat als Primitiv-Organ bei den Zoophyten und Acoelomen sicher sehr lange existirt, bevor sich (bei den Coelomaten) zwischen Darmwand und Leibeswand die wahre Leibeshöhle entwickelte.

5. Die systematische Bedeutung der Gastraea-Theorie.

Für das natürliche System des Thierreichs, oder was dasselbe ist, für seinen Stammbaum, ergeben sich aus den bisherigen Erörterungen folgende Schlüsse, welche ich zum Theil bereits in der Biologie der Kalkschwämme, zum Theil in der vierten Auflage der „Natürlichen Schöpfungsgeschichte“ (im 18. Vortrage) angedeutet habe. Zunächst zerfällt das ganze Thierreich in zwei grosse Hauptgruppen, deren scheidende Grenzmarke die Gastrula bildet: einerseits die Stammgruppe der Urthiere (*Protozoa*)

1) LEUCKART sagt (im Arch. für Naturg. 1870. II, S. 270): „Die Annahme, dass der innere Höhlenapparat der Coelenteraten nach seiner morphologischen Bedeutung der Leibeshöhle der übrigen Thiere entspreche, hat ziemlich allgemein Eingang in unsere Wissenschaft gefunden — eine Auffassung, welche die anatomischen Verhältnisse nicht bloss rechtfertigen, sondern dem Beobachter geradezu aufdrängen u. s. w.“ Hiergegen ist zu bemerken, dass schon VAN DER HOEVEN 20 Jahre früher in seiner Naturgeschichte (zu der LEUCKART „Berichtigungen“ lieferte) die Acalephen ganz richtig mit folgenden Worten charakterisirte: „Ventriculus parenchymate corporis sine cavitate abdominali inclusus; canales e ventriculo ortum ducentes.“ Später haben in demselben Sinne GEGENBAUR (1861), NOSCHIN (1865), SEMPER (1867) und KOWALEVSKY (1868) das coelenterische Höhlen-System der Zoophyten richtig als Darmhöhle aufgefasst.

anderseits die sechs höheren Thierstämme, die wir jenen als Keimblattthiere (*Metazoa* oder *Blastozoa*) gegenüber stellen. Bei den Urthieren (*Protozoa*) besteht der ganze Körper entweder 1) aus einer einfachen Cytode (Moneren, Monothalamien) oder 2) aus einem Aggregate von Cytoden (Polythalamien) oder 3) aus einer einfachen Zelle (Amoeben, einzellige Gregarinen, Infusorien) oder 4) aus einem Aggregate von einfachen, gleichartigen Zellen (vielzellige Gregarinen, Synamoeben), oder endlich 5) es sind zwar die Zellen des Körpers in geringem Grade differenzirt, aber sie bilden noch keine Keimblätter, und umschliessen noch keine wahre Darmhöhle. Die Individualität der Urthiere bleibt stets auf sehr niedriger Stufe stehen. Sie bilden nämlich entweder ein Morphon erster Ordnung, eine einfache Plastide (eine Cytode oder eine Zelle); oder sie bilden höchstens ein Morphon zweiter Ordnung, ein „Organ" in rein morphologischem Sinne, ein Idorgan (Vergl. die Individualitätslehre in der Biologie der Kalkschwämme, S. 103 u. s. w.). Niemals aber erheben sich die Protozoen zu dem Formwerthe eines Morphon dritter oder vierter Ordnung, einer Person oder eines Stockes (in dem an letzterem Orte festgestellten Begriffe). Ebenso wie den Protozoen ein wirklicher Darm fehlt (das erste und älteste Organ der Keimblatt-Thiere), ebenso fehlen ihnen alle differenzirten Organ-Systeme, welche sich bei den letzteren finden. Es fehlen ihnen Nerven-System, Muskel-System, Gefäss-System, Dermal-System u. s. w. Ebenso fehlen ihnen die differenzirten Gewebe.

Aus den tiefliegenden Gründen, welche ich im zweiten Buche der generellen Morphologie und in meiner Monographie der Moneren ausführlich entwickelt habe, erscheint es für das Verständniss der generellen Biologie von wesentlichem Vortheil, mindestens einen grossen Theil der sogenannten Protozoen aus dem Thierreich überhaupt auszuscheiden und als Angehörige des neutralen, zwischen Thierreich und Pflanzenreich mitten inne stehenden Protisten-Reiches zu betrachten. Dahin gehört ein Theil der Moneren, der Amoeboiden und der Flagellaten, ferner die Catallacten, die Labyrinthuleen, die Myxomyceten und die ganze formenreiche Classe der Rhizopoden mit allen ihren verschiedenen Abtheilungen: Acyttarien Radiolarien u. s. w.). Alle diese Protisten sind als selbstständige organische Stämme oder Phylen zu betrachten, welche mit dem Thierreich in keinerlei genealogischem Zusammenhange stehen und mithin auch nicht in sein natürliches System gehören. Hingegen sind diejenigen einfachsten Organismen, welche zu den wirklichen

Stammformen des Thierreichs gehören und die wahre Wurzel des thierischen Stammbaumes begründen, oder welche selbstständige Wurzelausläufer jener Wurzel repräsentiren, sowie endlich auch jene einfachsten Organismen, welche unzweifelhaft thierischen Charakter zeigen (wie die Infusorien), als wirkliche Urthiere oder Protozoen von jenen neutralen Urwesen oder Protisten zu trennen. Als solche echte Urthiere wären diejenigen Moneren und Amoeben anzusehen, welche wirklich die ältesten Stammformen des Thierreichs repräsentiren, und die ich in der vierten Auflage der Schöpfungsgeschichte als Eithiere (*Ovularia*) zusammengefasst habe, weil sie den Formwerth der einfachen (kernhaltigen) Eizelle oder der (kernlosen) Eicytode besitzen. Ferner wären dahin die der Planula entsprechenden Thierformen (Planäaden), endlich die Gregarinen, die Acineten und die echten bewimperten Infusorien (Ciliata) zu rechnen.

Die zweite Hauptabtheilung des Thierreichs bilden die sechs höheren Thierstämme, welche sämmtlich von der gemeinsamen Stammform der Gastraea abzuleiten sind. Wir fassen sie als Keimblattthiere (Metazoa oder Blastozoa) oder Darmthiere (Gastrozoa) zusammen. Bei allen diesen Thieren, von den Spongien bis zu den Vertebraten hinauf, entwickelt sich der Leib ursprünglich stets aus zwei primären Keimblättern, dem animalen Exoderm und dem vegetativen Entoderm. Das letztere umschliesst stets eine wahre Darmhöhle mit Mundöffnung[1]. Demnach hat der Körper den Formwerth eines Morphon dritter Ordnung, einer wahren Person, oder ist aus mehreren Personen zusammengesetzt, also ein Form-Individuum vierter Ordnung, ein Stock (Biologie der Kalkschwämme, S. 103 u. s. w.). Zum Mindesten besitzen alle diese Keimblatt-Thiere zwei differenzirte Organ-Systeme, nämlich das Haut-System (die Decke des äusseren Keimblattes mit ihren Derivaten) und das Darmsystem (die Darmauskleidung des inneren Keimblattes mit ihren Derivaten).

Für die weitere Classification der Metazoen könnte man in erster Linie vorzüglich drei verschiedene Eintheilungs-Principien

1) Die wenigen darmlosen Thiere unter den Blastozoen, die Cestoden und Acanthocephalen, dürfen hier nicht als Einwurf gelten, da sie offenbar den Darm durch Parasitismus verloren haben und ursprünglich von darmführenden Würmern abstammen. Dies geht aus ihrer vergleichenden Anatomie und Ontogenie unzweifelhaft hervor (Vergl. Generelle Morphologie Bd. II, S. LXXX).

verwerthen: 1) Den Mangel oder Besitz des Coeloms; 2) die verschiedene Zahl der secundären Keimblätter; 3) die radiale oder bilaterale Grundform.

Wenn man das Hauptgewicht auf das Coelom und das damit zusammenhängende Gefäss-System oder Blutsystem legen will, so zerfällt die Hauptabtheilung der Metazoen zunächst in zwei verschiedene Gruppen: einerseits die niederen Keimblattthiere, ohne Coelom und ohne Haemolymphe: Zoophyten und Acoelomen (Plathelminthen); anderseits die höheren Metazoen, mit Coelom und mit Haemolymphe: die Coelomaten und die aus ihnen hervorgegangenen vier höchsten Thierstämme: Echinodermen, Arthropoden, Mollusken und Vertebraten (Vergl. die Biologie der Kalkschwämme, S. 465, 468). Für diese beiden Gruppen könnte man im strengsten Sinne des Wortes (aber allerdings nicht in der entsprechenden Begrenzung ihres Autors) die uralten Bezeichnungen des ARISTOTELES: Anaema und Enaema anwenden. Anaema oder wahre „blutlose" Metazoen sind die Zoophyten und Plathelminthen (Acoelomen): Enaema oder wahre „Blutthiere" sind hingegen die Coelomaten (Würmer mit Blut und Coelom) und die daraus entsprungenen vier höchsten Thier-Phylen. Erstere könnten als Anaemaria, letztere als Haemataria bezeichnet werden.

Der Versuch, die Zahl und Differenzirung der constituirenden Keimblätter als fundamentales Eintheilungs-Prinzip für die Hauptgruppen des Thierreichs zu verwerthen, ist in neuester Zeit zweimal in verschiedener Weise ausgeführt worden, von GUSTAV JAEGER und von E. RAY-LANKESTER. Der erstere liefert in seinem gedankenreichen Lehrbuche der allgemeinen Zoologie (1871) ein besonderes Kapitel über die „Lehre von den Schichten und den Schichtengruppen: Stratographie des Thierkörpers". JAEGER unterscheidet hier: 1) Zweischichtige Thiere („Die niedrigsten mehrzelligen Thiere"); 2) Dreischichtige Thiere (Coelenteraten); 3) fünfschichtige Thiere (Enteraten oder Darmthiere: unsere Bilaterien, die fünf höheren Thierstämme). So anerkennenswerth der Versuch ist, in dieser Weise die „Stratographie" für die animale Morphologie zu verwerthen, so müssen wir ihn doch im Einzelnen für misslungen erklären. Es ergiebt sich dies sofort durch Vergleichung von JAEGER's Darstellung (besonders § 55, 67) mit unserer Darstellung im vorliegenden Aufsatze, der die Gastraea-Theorie zur Basis hat. Ebenso kann ich auch dem Versuche von RAY-LANKESTER (a. a. O. S. 325) nicht im Einzelnen beistimmen. Er unterscheidet 1) Homoblastica: ohne differenzirte Keimblätter (Pro-

tozoa), 2) Diploblastica: mit zwei Keimblättern (Coelenterata), 3) Triploblastica: mit drei Keimblättern (die fünf höheren Stämme, unsere Bilaterien).

Nach unserer eigenen Ansicht würde man vielmehr, wenn man in dieser Weise die Hauptgruppen des Thierreichs durch die Zahl der Keimblätter charakterisiren wollte, folgende 4 oder 5 Abtheilungen zu unterscheiden haben: 1) Ablasteria: Thiere ohne Keimblätter (*Protozoa*); 2) Diblasteria: Thiere mit zwei permanenten Keimblättern (Gastraeaden und Spongien, niederste Acalephen); 3) Triblasteria; Thiere mit drei Keimblättern (die Mehrzahl der Acalephen: Hydromedusen, Ctenophoren, Corallen) 4) Tetrablasteria: Thiere mit vier Keimblättern (Hautsinnesblatt, Hautmuskelblatt, Darmmuskelblatt, Darmdrüsenblatt): Die Bilaterien oder die vereinigten fünf höheren Thierstämme. Unter diesen letzteren würden die Acoelomen (die Würmer ohne Leibeshöhle und ohne Blut, die Plathelminthen) den niederen Entwickelungszustand darstellen, aus welchem sich erst secundär durch Auseinanderweichen der beiden Muskelblätter die Coelomaten (die Würmer mit Leibeshöhle und mit Blut) entwickelt haben. Divergirende Descendenten von vier verschiedenen Coelomaten-Formen sind die vier höchsten Thierstämme: Echinodermen, Arthropoden, Mollusken, und Vertebraten. Die Ableitung dieser vier typischen Phylen aus der gemeinsamen Stammgruppe der Würmer ist nicht schwer. Noch jetzt zeigt uns die vergleichende Anatomie und Ontogenie, dass dieselben nahe Verwandte unter den Coelomaten haben. Die Anneliden führen zu den Arthropoden und Echinodermen, die Bryozoen (?) zu den Mollusken, die Tunicaten (Ascidien) zu den Vertebraten hinüber (Vergl. den XVIII. Vortrag der Natürlichen Schöpfungsgeschichte). Wenn man im Sinne JAEGER's das (durch Spaltung des animalen und vegetativen Muskelblattes entstandene) Coelom und die dazu gehörigen Zellen (Coelom-Epithelien, Lymphzellen, Blutzellen) als Repräsentanten einer besonderen fünften Schicht, eines intermediären fünften Keimblattes ansehen wollte, so würde man als Tetrablasterien nur die Acoelomen (Plathelminthen) und vielleicht einen Theil der Acalephen auffassen haben. Hingegen würden alle mit Coelom versehenen Thiere (die Coelomaten und die vier höchsten Thierstämme) eine besondere fünfte Hauptgruppe bilden; Pentablasteria (mit fünf Keimblättern oder principalen Gewebsschichten: 1. Hautsinnesblatt, 2. Hautmuskelblatt, 3. Coelomblatt oder Lymphblatt, Gefässblatt in modificirtem Sinne, 4. Darmfaserblatt, 5. Darmdrüsenblatt).

Eine Zusammenstellung dieser fünf Hauptgruppen des Thierreichs mit den bekannten gewöhnlich angenommenen „Typen“ würde folgende Resultate ergeben:

1. Ablasteria	1. Protozoa	Protozoa	Protozoa
2. Diblasteria	2. Gastraeada	Zoophyta	Metazoa
	Spongiae		
3. Triblasteria	3. Acalephae		
4. Tetrablasteria	4. Acoelomi	Vermes	
	Coelomati		
5. Pentablasteria	5. Mollusca	Typozoa	
	Echinoderma		
	Arthropoda		
	Vertebrata		

So verlockend es nun auch von phylogenetischem Gesichtspunkte aus erscheinen könnte, in dieser Weise die Zahl und Differenzirung der Keimblätter als Basis für die Classification des Thierreichs zu verwerthen, so ergeben sich doch bei näherer Betrachtung bedenkliche Hindernisse, welche die strenge Durchführung diese Eintheilungs-Princips nicht gestatten. Abgesehen davon, dass wir überhaupt die Ontogenese vieler Thiere (besonders aus den niederen Stämmen) noch gar nicht genügend kennen, finden sich vermittelnde Uebergangs-Formen zwischen den fünf angeführten Gruppen, welche keine scharfe Trennung zulassen, und ausserdem kommen in den niederen Phylen der Metazoen Fälle vor, in denen nahe verwandte Formen eines Stammes zu verschiedenen Gruppen der Blasterien gestellt werden müssen. Obwohl die meisten Acalephen (Hydromedusen, Ctenophoren, Corallen) wahrscheinlich Triblasterien sind, kommen doch unter ihren niederen Formen (Hydra) Diblasterien und unter ihren höheren Formen wahrscheinlich viele Tetrablasterien vor. Unter den Acoelomen (Plathelminthen) finden sich wahrscheinlich neben den vorwiegenden Tetrablasterien viele Triblasterien oder selbst Diblasterien u. s. w.

Aus diesen und anderen Gründen erscheint es vielmehr geboten, für die weitere Eintheilung der Metazoen als maassgebendes Princip lediglich die Grundzüge ihrer Phylogenie zu verwerthen, wie sie sich aus der vergleichenden Anatomie und Ontogenie der Metazoen ergeben, und wobei die stereometrische (radiale oder bilaterale) Grundform der Körperanlage eine entscheidende Rolle spielt. Die weitere Entwickelung der Gastrula erscheint hier zunächst bestimmend. Dieser folgend bin ich bereits in der Biologie der Kalkschwämme zu der Annahme gelangt, dass die Descendenten der Gastraea, als der gemeinsamen

Stammform aller Metazoen, sich zunächst in zwei Linien spalteten: den Protascus, welcher als die Stammform aller Zoophyten, und die Prothelmis, welche als die gemeinsame Stammform aller fünf höheren Thierstämme anzusehen ist. Die Spaltung dieser beiden Hauptlinien ist ganz mechanisch durch die zweifach verschiedene Lebensweise bedingt, der sich die Descendenten der monaxonien (weder „radiären", nach „bilateralen") Gastraea zunächst anpassten. Die eine Gruppe gab die frei bewegliche Lebensweise der schwimmenden Gastraea auf, setzte sich mit dem aboralen Pole ihrer Körperaxe fest und entwickelte sich dann eo ipso weiterhin zum sogenannten „radialen Typus" (Zoophyten). Die andere Gruppe der Gastraea-Descendenten behielt die freie Ortsbewegung bei, ging aus der schwimmenden Bewegungsform in die kriechende auf den Meeresboden über, und entwickelte sich eo ipso zum sogenannten „bilateralen Typus" (die fünf höheren Thierstämme, Würmer und Typozoen). Ich betrachte demnach lediglich einerseits die festsitzende Lebensweise bei der Stammform der Zoophyten *(Protascus)*, als die mechanische „wirkende Ursache" ihres radialen Typus oder genauer ausgedrückt ihrer actinoten (regulär-pyramidalen) Grundform; anderseits die kriechende Lebensweise bei der Stammform der Würmer *(Prothelmis)* als die mechanische causa efficiens ihres bilateralen Typus oder genauer ausgedrückt ihrer dipleuren (amphithect-pyramidalen) Grundform. Diese hat sich von den Würmern auf die vier höchsten Thierstämme vererbt.

Auf Grund dieser phylogenetischen Betrachtung können wir die sämmtlichen, ursprünglich bilateralen Descendenten der Gastraea (die Abkömmlinge der Prothelmis) in eine natürliche Hauptabtheilung zusammenfassen, welche wir kurz Bilateria oder Sphenota („Keilthiere", wegen der keilartigen Grundform im Sinne Bronn's) nennen wollen. Diese Gruppe umfasst sämmtliche Würmer und die davon abzuleitenden vier höchsten Thierstämme: Mollusken, Echinodermen, Arthropoden, Vertebraten [1]).

1) Bei den sämmtlichen Wirbelthieren, Gliederthieren und Weichthieren ist die dipleure oder bilaterale Grundform ebenso unbestritten, wie bei den Würmern. Aber auch die Stammform der Echinodermen besitzt dieselbe Grundform. Als solche betrachten wir nach unserer Echinodermen-Theorie die gegliederte Wurm-Person, welche im Asteriden-„Arm" noch am meisten ihre Selbstständigkeit bewahrt hat. Die radiale Form der entwickelten Echinodermen-Stöcke (sternförmige Cormen aus 5 oder mehr Personen) bildet daher ebenso wenig einen Einwurf dagegen, als die radiale Form der Synascidien-Stöcke (Botryllus).

6. Die Bedeutung der Gastraea-Theorie für die Homologie der Typen.

Durch die Vergleichung der Keimblätter bei den verschiedenen Thierstämmen werden wir zu der wichtigen Frage geführt, wie weit überhaupt die Organe und Organsysteme bei den sieben Phylen des Thierreichs einer morphologischen Vergleichung zugänglich sind, wie weit zwischen denselben eine wirkliche Homologie im strengsten Sinne (also Homophylie) durchzuführen ist. Diejenigen, welche an der Baer-Cuvier'schen Typen-Lehre in ihrer ursprünglichen starren Fassung festhalten und alle Typen des Thierreichs als völlig gesonderte morphologische Einheiten betrachten, müssen natürlich jene Frage überhaupt verneinen. Diejenigen hingegen, welche die Typen-Theorie im Lichte der Descendenz-Theorie betrachten und die von uns hier versuchte Modification derselben durch die Gastraea-Theorie, sowie die damit zusammenhängende Generalisation der Keimblätter-Theorie gelten lassen, müssen bis zu einem gewissen Grade eine solche morphologische Vergleichung gestatten. In der That hat sich auch Gegenbaur neuerdings in diesem Sinne ausgesprochen [1]), und ebenso Kowalevsky in seiner neuesten Arbeit [2]).

So ausserordentlich wichtig und interessant diese Frage nach den Homologien der Thierstämme für die vergleichende Anatomie und Phylogenie ist, so schwierig und verwickelt erscheint bei dem gegenwärtigen unvollkommenen Zustande der Morphologie ihre sichere Beantwortung. Ich lege daher den nachfolgenden Erörterungen nur den Werth eines provisorischen Versuches bei. Das Phylum der Protozoen bleibt natürlich von dieser Betrachtung ganz ausgeschlossen, da nach unserer vorher dargelegten Ansicht kein Thier dieser Wurzelgruppe sich bis zur Bildung von Keimblättern erhebt, und demnach auch die aus letzteren entwickelten Organe den Protozoen völlig abgehen. Mithin halten wir z. B. jede morphologische Vergleichung irgend eines Theiles des Infusorien-Körpers mit einem scheinbar entsprechenden (und physiologisch vielleicht gleichwerthigen, also analogen) Theile eines Keimblatt-Thieres für ganz unzulässig. Wie ich bereits in dem Aufsatze „Zur Morphologie der Infusorien" (a. a. O.) gezeigt habe, kann z. B. der Darm der Ciliaten physiologisch als solcher auf-

1) Gegenbaur, Grundzüge der vergl. Anatomie II. Aufl. S. 82.

2) Kowalevsky, Embryologische Studien an Würmern und Arthropoden 1871, Schluss.

gefasst und mit dem Darm der Metazoen verglichen werden. In morphologischer Beziehung können diese Theile aber überhaupt nicht verglichen werden. Der Ciliaten-Darm ist Bestandtheil einer einzigen hoch differenzirten Zelle; der Metazoen-Darm ist ein Hohlraum, der von dem vielzelligen inneren Keimblatte umschlossen ist. Nur zwischen den sechs Stämmen der Metazoen, die alle von der Gastraea abzuleiten sind, können Homologien existiren.

Als die sicherste und allgemeinste Homologie, welche durch die ganze Reihe der Metazoen (von den Spongien bis zu den Vertebraten) durchführbar ist, ergiebt sich die Vergleichung derjenigen Organe, welche bei den einfachsten Metazoen, den Gastraeaden und den niedersten Spongien) bereits differenzirt sind, und bei diesen zeitlebens in ihrer einfachsten Anlage verharren. Das ist erstens der primitive Darmcanal mit seinem Epithelium (dem Darmdrüsenblatt, Entoderm der Gastrula); und zweitens die oberflächlichste Körperbedeckung, das Hautsinnesblatt oder die Epidermis, Exoderm der Gastrula). Bezüglich dieser letzteren ist ausdrücklich hervorzuheben, dass zwar die ursprüngliche complete Homologie der Epidermis bei den sechs Metazoen-Phylen durch frühzeitig eintretende Häutungs-Processe vielfach gestört und incomplet werden kann, indem die ursprünglich oberste Epidermis-Schicht in eine vergängliche embryonale Hülle verwandelt oder abgestreift wird (z. B. Hydra, Kleinenberg); dass aber nichtsdestoweniger mindestens eine Zellenschicht der Epidermis sich constant erhält und als Ausgangslager für die übrigen dient, mithin die Epidermis als Ganzes, und als Derivat des einfachen Exoderms der Gastrula, bei allen sechs Metazoen-Stämmen homolog ist[1]).

---

1) Die Bildung vieler embryonaler Hüllen, welche ontogenetisch aus dem obersten Keimblatt (dem Hornblatt) entstehen, ist wohl phylogenetisch durch Häutungen (oder „Mauserungen") zu erklären, welche die Vorfahren des betreffenden Organismus in früheren Perioden der Erdgeschichte erlitten haben. So ist namentlich die Larvenhaut vieler höheren Crustaceen, die innerhalb der Eischale entsteht und selbst mehrfach gewechselt wird, auf wiederholte Häutungen der Crustaceen-Stammform, des Nauplius, und anderer aus diesem entstandenenen alten Stammformen zu deuten (Vergl. die bezüglichen Angaben und Deutungen in den betreffenden Schriften von Fritz Müller, Edouard van Beneden, A. Dohrn u. s. w.). Ebenso ist vielleicht auch das sogenannte Amnion bei manchen Thieren zu deuten. Das Amnion der Wirbelthiere ist dagegen sicher anderen Ursprungs. Was die specielle Homologie dieses Amnion bei Vertebraten und Arthropoden betrifft, wie sie von Kowalevsky und Anderen behauptet wird, so wird dieselbe, abgesehen von anderen Gründen, schon

Sehr schwierig ist die Frage nach der Homologie des Central-Nerven-Systems. Unzweifelhaft ist dasselbe bei allen sechs Stämmen der Metazoen aus dem Exoderm hervorgegangen; aber das Centralnerven-System der Zoophyten ist sicher unabhängig von demjenigen der Würmer entstanden und diesem in keiner Weise zu vergleichen. Hingegen ist die einfachste Form des Centralnerven-Systems, welche sich bei den Würmern findet, nämlich das über dem Schlunde gelegene einfache Nervenknoten-Paar, das sogenannte obere Schlundknoten-Paar oder Urhirn erstens in allen Classen des Würmerstammes als homolog zu betrachten, und zweitens auch dem gleichnamigen Theile der Mollusken und Arthropoden, sowie der ursprünglichen Medullarrohr-Anlage der Wirbelthiere zu vergleichen (von der das Gehirn der letzteren nur der vorderste differenzirte Abschnitt ist[1]). Bei den Echinodermen ist dieses ursprüngliche Central-Organ verloren gegangen; ihr Schlundring ist nur eine secundäre Commissur zwischen den fünf radialen Nervensträngen, welche bei den Asteriden in der ursprünglichsten Form auftreten. Jeder dieser fünf Radial-Nerven der Echinodermen ist homolog dem gegliederten Bauchmark der Anneliden und Arthropoden. Vorbedingung für die Annahme dieser scheinbar paradoxen Vergleichung ist die Richtigkeit meiner Theorie vom Ursprung der Echinodermen, wonach als die Stammform dieses Phylum die Asteriden-Form zu betrachten ist, ein Stock von fünf sternförmig verbundenen, gegliederten Würmern. Diese Theorie ist zwar von Claus, Leuckart Semper und Anderen verworfen worden, ohne dass sie jedoch irgend eine andere natürliche Theorie an deren Stelle gesetzt und den Versuch zur Erklärung der Echinodermen-Entstehung gemacht hätten. Auf der anderen Seite hat meine Theorie, welche diese Entstehung vollständig erklärt, die vollkommene Zustimmung von zwei Zoologen ersten Ranges erhalten, auf deren morphologisches Urtheil ich das grösste Gewicht lege, Gegenbaur und M. Sars

dadurch widerlegt, dass das Amnion nur den drei höheren Wirbelthierklassen (Amnioten) zukommt. Offenbar hat sich dasselbe hier also erst während der Entstehung der Amnioten-Stammformen aus den Amphibien entwickelt, und ist gänzlich unabhängig von dem Amnion der Arthropoden. Letzteres ist dem letzteren nur analog (und homomorph) aber nicht wirklich homolog (homophyl).

1) Nicht homolog ist selbstverständlich nach dieser Auffassung das Rückenmark der Wirbelthiere und das Bauchmark der Gliederthiere; diese können ebenso wenig verglichen werden, als der sympathische Grenzstrang der ersteren und das Bauchmark der letzteren.

(senior), letzterer bekanntlich einer der genauesten Kenner der Echinodermen [1]).

Die Sinnesorgane der verschiedenen Thierstämme sind zum grössten Theile (mit Ausnahme der Haut als Tast-Organ, vielleicht sämmtlich!) nicht homolog; ist hier doch sogar innerhalb eines jeden Stammes die Homologie oft nicht nachzuweisen oder selbst innerhalb einer Klasse bestimmt ausgeschlossen, wie z. B. bei dem Gehörorgane der verschiedenen Insecten! Alles deutet darauf hin, dass dieselben polyphyletischen Ursprungs, aus verschiedenen Stücken des oberen Keimblatts zu verschiedenen Zeiten entstanden sind. Dieser vielfach verschiedene und selbstständige Ursprung der Sinnes-Organe ist auch phylogenetisch ganz gut begreiflich.

Wahrscheinlich haben aus dem oberen Keimblatte auch die Primordial-Nieren ihren Ursprung genommen und wahrscheinlich sind diese Organe bei allen Bilaterien (bei sämmtlichen Mitgliedern der fünf höheren Thierstämme) homolog. Die einfachste Form würden die sogenannten „Excretions-Organe oder Wassergefässe" der Plathelminthen darstellen, welche ursprünglich weiter nichts als mächtig entwickelte schlauchförmige Hautdrüsen (gleich den Schweissdrüsen) sind. Die vergleichende Anatomie wird später wohl im Stande sein, nachzuweisen, dass diese Urnieren der ungegliederten Plathelminthen, welche sich in jedem Metamere der gegliederten Würmer als sogenannte Schleifencanäle oder Segmental-Organe wiederholen, sowohl den Nieren der Mollusken als den Urnieren der Wirbelthiere ihren Ursprung gegeben haben [2]). Unter

1) Die Entstehung des Centralnerven-Systems aus der ursprünglichen Oberhaut des Thierkörpers, dem Hornblatte, ist eines der schlagendsten Beispiele für den Werth der phylogenetischen Auffassung und ihre Bedeutung für das Verständniss der ontogenetischen Processe. Bisher hat man fast allgemein jene Entstehung des „inneren" Nervenstystems aus dem äusseren Keimblatte wunderbar und paradox gefunden. Sobald man sich aber die Frage stellt: „Wie kann überhaupt das Nervensystem zuerst (phyletisch) entstanden sein", so wird man nach reiflichem Nachdenken darüber nur die eine Antwort geben können: „Aus den oberflächlichsten Körpertheilen, welche mit der Aussenwelt beständig in Berührung waren". Nur aus dieser beständigen Berührung konnte sich die erste „Empfindung" entwickeln. Secundär hat sich dann das Nerven-System in das geschütztere Innere des Körpers zurückgezogen, „vom Hornblatt abgeschnürt". Die Annahme eines besonderen „Nervenblattes", welches manche Embryologen vom Hautsinnesblatt trennen, halte ich nicht für gerechtfertigt.

2) Bei Amphioxus ist vielleicht als Homologon oder als rudimentarer Rest der ursprünglichen Urniere der von Rathke entdeckte und von

den Arthropoden hat bereits Gegenbaur die Homologie der „Schalendrüse" der niederen Crustaceen (und der „grünen Drüse" der Decapoden) mit den Urnieren der Würmer nachgewiesen. Die Tracheaten haben dieses Excretions-Organ ganz verloren und an seine Stelle sind die Malpighischen Röhren des Darmcanales getreten. Wenn man die Urniere in dieser Weise ursprünglich (phylogenetisch) als eine ausscheidende Hautdrüse auffasst, so erklärt sich auch ihre ursprüngliche oberflächliche Lage beim Vertebraten-Embryo. Sie wird hier jedenfalls vom oberen Keimblatt abzuleiten sein, entweder direct vom Hornblatt, oder indirect, durch Zellen des „Axenstranges", welche vom Hornblatt in das Hautfaserblatt eingewandert sind.

Das Hautmuskelblatt oder das Hautfaserblatt (die „Fleischschicht" von Baer, die Hautplatten und Urwirbelplatten von Remak) ist als Ganzes in seiner ursprünglichen einfachen Anlage wahrscheinlich bei allen sechs Metazoen-Stämmen, oder doch wenigstens bei den fünf Phylen der Bilaterien, homolog. Vermuthlich ist dasselbe bei den Würmern ebenso wie bei den Zoophyten (Hydra u. s. w.) aus dem oberen Keimblatte entstanden und hat sich von den Würmern auf die vier höheren Thierstämme vererbt. Als die beiden primitivsten Spaltungsprodukte desselben sind das Corium und der Hautmuskelschlauch zu betrachten, die beide wohl innerhalb der fünf höheren Phylen (der Bilaterien) desselben Ursprungs, also homolog sind. Auch die Rumpfmuskeln der Wirbelthiere gehen aus diesem Blatte hervor.

Nicht homolog sind dagegen die Skelet-Systeme in den verschiedenen Thierstämmen. Sowohl die inneren Skeletbildungen der Zoophyten, als diejenigen der Echinodermen und der Wirbelthiere, obwohl alle drei aus dem Hautfaserblatt zu entstehen scheinen, sind völlig verschiedene Bildungen, für jedes Phylum eigenthümlich. Das Haut-Skelet der Würmer und Arthropoden, welches bloss eine chitinisirte Ausscheidung der Epidermis (der sogenann-

J. Müller genauer beschriebene weite Canal zu deuten, welcher jederseits in der Hautfalte des Bauches (unmittelbar an der Aussenfläche der Sexual-Drüsen) verläuft und sich hinten zu beiden Seiten des Porus abdominalis nach aussen öffnet. (Eine zweite, vordere Oeffnung in die Mundhöhle ist problematisch.) Wenn die Vergleichung dieses Hautcanales von Amphioxus (Fig. 40 auf J. Müller's Taf. I) mit der Urniere der Wirbelthiere und dem ähnlichen Excretions-Organe der Würmer richtig wäre, so würde damit eine sehr interessante Verbindung zwischen den beiden letzteren Organen hergestellt und zugleich die Entstehung des Urnieren-Ganges der Vertebraten aus dem äusseren Keimblatt erklärt sein.

ten Hypodermis oder Chitinogen-Membran) ist, sowie die Kalkschalen der Mollusken (ebenfalls Exsudate der Epidermis) kommen hierbei gar nicht in Betracht.

Das Coelom oder die Leibeshöhle, die ursprüngliche „Pleuroperitoneal-Höhle", welche den Protozoen, Zoophyten und den Acoelomen (Plathelminthen) gänzlich fehlt, ist sicher bei den Coelomaten und den vier höheren Thierstämmen homolog. Ueberall entsteht sie als Spalt zwischen den beiden Muskelblättern und hat sich offenbar von den Coelomaten, den blutführenden Würmern, auf die vier höheren Thierstämme vererbt. Hiergegen ist diese Homologie nicht durch die Vergleichung mit der Segmentations-Höhle zu begründen, aus der KOWALEVSKY das Coelom hervorgehen lässt (vergl. oben S. 27). Ursprünglich ist das Coelom mit einer Flüssigkeit gefüllt, welche ihres indifferenten Characters halber als Haemolymphe oder Haemochylus bezeichnet werden kann. Aber schon bei den höheren Würmern differenzirt sich diese Ernährungsflüssigkeit in zwei verschiedene Bestandtheile, in den farblosen Chylus oder die Lymphe, welche die Leibeshöhle erfüllt, und in das gefärbte Blut, welches in dem geschlossenen Gefässsystem circulirt. Dieselbe Differenzirung kehrt auch bei den Wirbelthieren wieder.

Das Darmmuskelblatt oder das Darmfaserblatt (die „Gefässschicht" von BAER, die Darmfaserplatten und Mittelplatten von REMAK) scheint in dem Stamme der Zoophyten theils (bei den Spongien und niedersten Acalephen) ganz zu fehlen, theils (bei den höheren Acalephen) in eigenthümlicher Form sich zu entwickeln. Bei den Acoelomen beginnt sich dasselbe bereits als „Darmmuskelschlauch" auszubilden und hat sich von diesen auf die höheren Würmer (die Coelomaten), von letzteren auf die vier höchsten Thierstämme vererbt. Es steht Nichts im Wege, eine allgemeine Homologie desselben innerhalb dieser fünf Thierstämme (der Bilaterien) anzunehmen.

Das Blutgefäss-System als Ganzes, welches sich im Zusammenhang mit dem Coelom entwickelt hat, ist demnach ebenfalls innerhalb der fünf höheren Thierstämme zu vergleichen. Die Frage jedoch, in wie weit die einzelnen Theile desselben und namentlich das Herz homolog sind, ist sehr schwierig zu entscheiden. Nach der scharfsinnigen Vergleichung von GEGENBAUR ist das Herz der Arthropoden und Mollusken einem Abschnitte des dorsalen, hingegen das Herz der Ascidien und Vertebraten

einem Abschnitte des ventralen Hauptgefässstammes der Würmer ursprünglich homolog.

Das Darmdrüsenblatt, welches als epitheliale Auskleidung des Darmcanals und seiner drüsigen Anhänge in dem ganzen Thierreiche (nur die Protozoen ausgenommen) von den Spongien bis zu den Vertebraten sich constant erhält, ist sicher überall homolog; überall direct aus dem Entoderm der Gastrula abzuleiten. Allerdings ist Kowalevsky neuerdings zu der Annahme gelangt, dass das Darmdrüsenblatt der Insecten hiervon eine Ausnahme bilde und vielmehr als eine eigenthümliche Neubildung sui generis zu betrachten sei (Embryologische Studien an Würmern u. s. w., 1871, S. 58). Diese Ansicht erscheint mir nicht stichhaltig. Wenn irgend ein Organ bei allen sechs Metazoen-Phylen homolog sein kann, so ist es sicher der Darmcanal mit seinem auskleidenden Epithelium, dem Darmdrüsen-Blatt. Hingegen ist die Frage von der Homologie der Darmmündungen, Mund und After, zur Zeit noch ganz dunkel, und nur so viel sicher, dass die Mundöffnung nicht überall dieselbe ist. Die ursprüngliche Mundöffnung der Gastrula, der Urmund oder das Prostoma scheint sich nur auf die Zoophyten und vielleicht auf einen Theil der Würmer vererbt zu haben. Sie scheint sich noch in dem Rusconischen After der Vertebraten zu wiederholen. Hingegen sind die Mundöffnungen der Vertebraten, der Arthropoden, der Echinodermen, eigenthümliche Neubildungen, und sicher nicht dem Urmund homolog.

7. Die phylogenetische Bedeutung der ontogenetischen Succession der Organ-Systeme.

Die gesetzmässige Reihenfolge, in welcher bei den verschiedenen Thierstämmen die Organ-Systeme während der Ontogenese nach einander auftreten, gestattet uns nach dem biogenetischen Grundgesetze einen sicheren Schluss auf die historische Reihenfolge, in welcher sich die thierischen Organ-Systeme während des langen und langsamen Laufes der organischen Erdgeschichte nach einander und aus einander entwickelt haben. Diese paläontologische Altersfolge der Organ-Systeme, wie sie sich a posteriori aus den Thatsachen der Ontogenese empirisch ergiebt, entspricht im Grossen und Ganzen vollständig den Vorstellungen, welche man sich darüber a priori durch physiologische Reflexion und durch philosophische Erwägung der Causal-Momente bilden könnte.

Zunächst ergiebt sich aus der Vergleichung der Gastrula, und des ihr entsprechenden zweiblättrigen Keimzustandes bei den

verschiedensten Thierstämmen, dass bei den ältesten Metazoen, den Gastraeaden, sich in erster Reihe zwei primäre Organ-Systeme gleichzeitig differenzirten: das innere Darm-System und das äussere Decken-System. Die ursprüngliche, ganz einfache Magenhöhle oder der Urdarm der Gastraea ist in der That das älteste Organ des Metazoen-Körpers; gleichzeitig aber mit seiner Entstehung ist die Sonderung der beiden Zellenschichten seiner Wand vor sich gegangen; des inneren ernährenden Epitheliums (des Gastral-Blattes oder Entoderms) und des äusseren deckenden Epitheliums (des Dermal-Blattes oder Exoderms).

In zweiter Reihe bildeten sich (bei der Mehrzahl der Metazoen?) Elemente des Skelet-Systems aus, und zwar im Exoderm, wie uns die Spongien lehren. Obgleich bei den Schwämmen die beiden primordialen Keimblätter (allgemein?) in ihrer ursprünglichen Einfachheit erhalten bleiben und kein drittes Keimblatt sich aus ihnen entwickelt, finden wir dennoch bei Vielen derselben in dem verdickten Exoderm ein sehr entwickeltes und mannichfach differenzirtes Skelet-System vor. Ja schon die Protozoen bilden sehr allgemein schützende und stützende Skelettheile. Es braucht nicht hinzugefügt zu werden, dass im Uebrigen das Skelet-System bei den verschiedenen Thierstämmen verschiedenen Alters und polyphyletischen Ursprungs ist.

In dritter Reihe bildeten sich gleichzeitig Nervensystem und Muskelsystem aus. Die schönen Untersuchungen Kleinenbergs über die Ontogenese der Hydra haben uns über die gleichzeitige Entstehung dieser beiden Organ-Systeme belehrt, die in der innigsten Wechselwirkung sich befinden. Das höchst interessante Neuromuskel-System der Hydra führt sie uns unmittelbar in statu nascenti vor Augen. Die aus dem Exoderm der Hydra entwickelte Neuromuskelzelle zeigt uns die Functionen beider noch in einem einzigen Individuum erster Ordnung vereinigt. Erst mit deren Trennung, mit der Arbeitstheilung derselben in Nervenzellen und Muskelzellen treten die beiden Organsysteme sich selbständig gegenüber. Wirkliche Muskeln im strengsten Sinne des Begriffes giebt es daher erst bei denjenigen Thieren, wo es auch wirkliche Nerven giebt, und umgekehrt. Wie die Acalephen uns zeigen, ist zunächst nur das dermale oder parietale Neuromuskel-System aus dem äusseren Keimblatte entstanden. Wahrscheinlich unabhängig davon ist erst später in ganz analoger Weise das gastrale oder viscerale Neuromuskel-System (Darmmuskeln und Darmnerven) aus dem

Darmdrüsenblatte entstanden. Es spricht Nichts bis jetzt gegen die Annahme, dass das viscerale Nerven-System unabhängig von dem parietalen entstanden ist; das erstere ebenso im Zusammenhang mit dem Darmmuskelblatt, wie das letztere mit dem Hautmuskelblatt.

In vierter Reihe hat sich das Nieren-System oder das Excretions-System entwickelt, dessen physiologische Bedeutung für den Thier-Organismus im Allgemeinen grösser ist, als diejenige des jüngeren Blutgefäss-Systems und des damit verbundenen Coeloms. Diese Auffassung wird gerechtfertigt durch die Plathelminthen, welche noch kein Coelom und Blutsystem, wohl aber Urnieren (Excretions-Canäle) besitzen; ferner durch die allgemeine Verbreitung derselben durch die ganze Thierreihe, und endlich besonders durch das frühzeitige Auftreten der „Urnieren" im Embryo. Aus Allem ergiebt sich, dass wir es hier mit einer sehr alten und wichtigen Organisations-Einrichtung zu thun haben, die schon bei den Acoelomen vor der Entstehung des Blutsystems und des Coeloms existirte, und sich von da aus auf die höheren Thierstämme vererbt hat.

In fünfter Reihe erst hat sich nach dem Nieren-System das Blutgefäss-System mit dem Coelom entwickelt. Wir haben bereits gezeigt, dass diese beiden Theile in untrennbarem Zusammenhange stehen, und dass die wahre Leibeshöhle oder das Coelom geradezu als der erste Anfang des Gefäss-Systems zu betrachten ist. Erst nach eingetretener Entwickelung des Darmfaserblattes bildete sich mit seiner Ablösung von dem anhaftenden Hautfaserblatte zwischen diesen beiden Muskelblättern eine Höhle, welche sich mit dem durch die Darmwand transsudirenden Chylus füllte. Das war das Coelom in seiner einfachsten Gestalt und erst später hat sich dieses Haemochylus-System oder primordiale Urblut-System in zwei verschiedene Saftsysteme differenzirt, in das Lymphsystem und das eigentliche Blutsystem [1]).

1) Eine sehr abweichende Auffassung des Coeloms und des Blutsystems., sowie des Nieren-Systems hat Ray-Lankester in dem mehrfach citirten Aufsatz entwickelt (Annals and Mag. of nat. hist., Mai 1873). Derselbe hält diese beiden Organ-Systeme für identisch und meint, dass die „Excretions-Organe oder Wassergefässe" der Acoelomen den ersten Anfang einer Leibeshöhle bilden und dass demnach dieses Coelom von Anfang an nach aussen geöffnet ist. Nach meiner Ansicht hingegen ist das Coelom primär geschlossen, erst später und unabhängig von dem älteren Urnieren-System entstanden. Die Verbindung Beider wäre demnach secundär. Die Ontogenese der Bilaterien scheint mir Ray-Lankester's Auffassung zu widerlegen.

In sechster Reihe erst hat sich morphologisch als selbständiges Organ-System (!) das Genital-System entwickelt. Allerdings ist dasselbe physiologisch schon längst vorhanden, ehe alle andern Organ-Systeme sich differenzirten. Treffen wir doch schon bei den Spongien im Entoderm des Darmrohres zerstreut einzelne Zellen, welche sich zu Eiern und andere, welche sich zu Spermazellen ausbilden; und wahrscheinlich ist dasselbe schon bei den Gastraeaden der Fall gewesen. Allein bei allen Zoophyten bleibt die Bildung der beiderlei Sexualzellen auf das Epithelium einzelner Theile des Gastrocanal-Systems beschränkt; und selbst noch bei vielen Würmern sind keine selbständigen persistenten Sexual-Organe in morphologischem Sinne vorhanden. Bei vielen Würmern (Bryozoen, Anneliden u. s. w.) entwickeln sich periodisch einzelne Coelom-Zellen, zerstreute Zellen des „Pleuroperitoneal-Epithels," zu Sexualzellen. Eine selbständige Differenzirung besonderer Geschlechts-Organe scheint demnach erst später eingetreten zu sein, vielleicht in den verschiedenen Thierstämmen zu verschiedenen Zeiten. Die Entscheidung dieser sehr schwierigen Frage hängt mit der Frage nach der Homologie der Sexual-Organe überhaupt und nach dem primären phyletischen Ursprung der Sexual-Zellen zusammen, einem der schwierigsten Probleme der Ontogenie und der Phylogenie. Den Bemerkungen, die ich über diesen Gegenstand in der Biologie der Kalkschwämme (S. 469, 471) gemacht habe, möchte ich hier noch die Eventualität hinzufügen, dass möglicherweise beide primäre Keimblätter sich an der Bildung von Sexual-Zellen betheiligen. Denn obgleich in den meisten Fällen der Ursprung der Sexual-Zellen aus Zellen des Darmfaserblattes oder selbst des primären Gastralblattes nachzuweisen ist, so scheinen dieselben doch in anderen Fällen ihren Ursprung eben so sicher aus dem Hautfaserblatt oder selbst aus dem primären Dermalblatte zu nehmen (Hydra).

Bei der Bestimmtheit, mit welcher die entgegengesetzten Angaben über den Ursprung der Sexual-Zellen selbst innerhalb der Zoophyten-Gruppe sich gegenüber stehen, dürfte endlich auch noch zu erwägen sein, ob nicht eine Dislocation derselben so frühzeitig (schon während der laurentischen Periode) stattgefunden hat, dass ihre scheinbare Ursprungsstätte in der That erst ihre zweite Heimath ist. Bei den Kalkschwämmen habe ich nachgewiesen, dass die im Entoderm ursprünglich entstandenen Eizellen vermittelst ihrer amöboiden Bewegungen oft schon frühzeitig in das Exoderm hinüber wandern und dort weiter wachsen. Bei

vielen Calcispongien sind die Eizellen viel leichter im Exoderm (ihrer secundären Lagerungsstätte) als im Entoderm (ihrer primären Ursprungsstätte) aufzufinden, so dass ich sogar früher selbst ihre ursprüngliche Entstehung im ersteren annahm. Nun dürfte man wohl annehmen, dass diese frühzeitige Dislocation der Zellen aus einem primären Keimblatt in das andere durch fortwährende „abgekürzte oder zusammengezogene Vererbung" im Laufe der Generationen immer weiter in der Ontogenese zurück verlegt wird, bis sie schliesslich schon während der Differenzirung der gleichartigen Furchungszellen in die beiderlei Zellenformen der beiden primären Keimblätter stattfindet. Dann würden Zellen die ursprünglich (phylogenetisch) dem inneren Keimblatte angehörten, doch (ontogenetisch) scheinbar zuerst im äusseren Keimblatte auftreten und umgekehrt. Ich vermuthe, dass dies bei den Sexualzellen oft wirklich der Fall ist und dass überhaupt eine solche frühzeitige Dislocation der Zellen, eine durch Vererbung constant gewordene Lagenveränderung und Versetzung aus einem Keimblatt in das andere, eine bedeutende Rolle spielt. Auch für unsere oben dargelegte Ansicht von der ursprünglichen Verschiedenheit der beiden Muskelblätter besitzt dieselbe grosse Bedeutung und dürfte z. B. bei der frühzeitigen axialen Concrescenz, bei der Verschmelzung der Keimblätter im Axenstrange der Vertebraten, wie bei ihrer späteren Divergenz, Vieles erklären.

8. Die Bedeutung der Gastraea-Theorie für die Typen-Theorie.

Wenn man die vorstehend gegebene Begründung der Gastraea-Theorie für genügend hält und die daraus gezogenen Folgeschlüsse im Ganzen als richtig anerkennt, so wird man damit zugleich die Ueberzeugung gewonnen haben, dass durch dieselbe die sogenannte Typen-Theorie, welche noch heute allgemein als die tiefste Basis des zoologischen Systems gilt, in ihrer bisherigen Bedeutung aufgehoben ist, und einer wesentlich verschiedenen Classification des Thierreichs Platz machen muss. Bekanntlich gipfelt diese hochberühmte und hochverdiente Typen-Theorie, zu welcher im zweiten Decennium unseres Jahrhunderts zwei der bedeutendsten Zoologen gleichzeitig auf verschiedenen Wegen gelangten, in der Vorstellung, dass im Thierreiche mehrere grundverschiedene Hauptgruppen zu unterscheiden seien, von denen jede ihren eigenthümlichen „Typus", d. h. einen ganz charakteristischen immanenten und persistenten „Bauplan" besizt;

dieser „Bauplan“ wird bestimmt durch die eigenthümliche Lagerung und Verbindung der constituirenden Organe, und ist völlig unabhängig von dem Grade der Vollkommenheit und Ausbildung, den die verschiedenen Thierklassen jedes Typus innerhalb desselben durchlaufen. Sowohl George Cuvier, welcher auf dem Wege der vergleichenden Anatomie, als Carl Ernst Baer, welcher selbstständig und unabhängig von ersterem auf dem Wege der vergleichenden Ontogenie zu dieser Vorstellung gelangte, unterschieden im ganzen Thierreich nur vier solcher Typen, welche Baer nach dem verschiedenen Modus der Ontogenese folgendermaassen charakterisirte: 1) Radiata: mit strahlenförmiger Entwickelung (*evolutio radiata*); 2) Mollusca: mit gewundener Entwickelung (*evolutio contorta*); 3) Articulata: mit symmetrischer Entwickelung (*evolutio gemina*); 4) Vertebrata: mit doppelt symmetrischer Entwickelung (*evolutio bigemina*). Sowohl Cuvier als Baer hielten jeden Typus für etwas durchaus constantes und trotz aller Modificationen im tiefsten Grunde unveränderliches; sie liessen daher auch durchaus keinen Zusammenhang und keinen Uebergang zwischen den vier verschiedenen Typen zu. Baer hob insbesondere noch hervor, dass der Typus bei den niedersten Formen jeder der vier Hauptgruppen schon eben so bestimmt ausgesprochen sei, wie bei den höchsten, und dass mithin der Typus der Entwickelung völlig unabhängig von dem Grade der Ausbildung sei.

Gegenüber der früher herrschenden irrthümlichen Vorstellung, dass das ganze Thierreich eine einzige ununterbrochene Stufenleiter von Formen darstelle, und dass eine einzige continuirliche Entwickelungsreihe von dem niedersten Infusorium durch die verschiedenen Classen hindurch bis zum Menschen hinauf gehe, war die Typen-Theorie von Baer und Cuvier ein gewaltiger Fortschritt. Das helle Licht, welches sie auf die verschiedensten Theile der Zoologie, namentlich aber auf die vergleichende Anatomie und Entwickelungsgeschichte warf, verschaffte ihr schnellen Eingang auch in das zoologische System, und bald waren die vier Typen ziemlich allgemein als die Basis jedes strengeren wissenschaftlichen Systems der Thiere anerkannt. Allerdings wurde man bald durch die Fortschritte in der Kenntniss der niederen Thiere genöthigt, den ganz unnatürlichen Typus der Radiata aufzulösen: Siebold trennte 1845 davon zuerst die Protozoen ab und schied zugleich die Articulaten in Arthropoden und Würmer; Leuckart unterschied 1848 zuerst als zwei besondere Typen die Coelenteraten und Echinodermen; so wurden aus den ursprünglichen vier

Typen die sieben verschiedenen Hauptgruppen, welche auch heute noch in den allermeisten Systemen als die obersten und allgemeinsten Hauptabtheilungen des Thierreichs gelten. Allein das eigentliche Wesen und die ursprüngliche Bedeutung der Typen-Theorie wurde durch diese Vermehrung der Typen-Zahl nicht berührt. Vielmehr bemühten sich die neueren Zoologen, den selbstständigen und ganz eigenthümlichen Charakter der vier neueren Typen (Protozoen, Coelenteraten, Echinodermen, Würmer) in demselben Sinne zu präcisiren und jeden derselben als isolirte Formen-Einheit mit besonderem „Bauplan“ festzustellen, in welchem die drei beibehaltenen älteren Typen (Arthropoden, Mollusken, Vertebraten) von Baer und Cuvier aufgefasst worden waren. Die seitdem immer mehr befestigte Vorstellung von dem völlig selbstständigen Charakter und dem immanenten „Bauplan“ dieser sieben Thier-Typen ist auch heutzutage noch die allgemein herrschende, so dass z. B. Claus noch in der neuesten Auflage seiner Zoologie (1872, S. 41) die Typen-Theorie als „den bedeutendsten Fortschritt der Wissenschaft seit Aristoteles und als Grundlage des natürlichen Systems“ bezeichnet. Ja Hopkins nennt die Typen sogar die „Keppler'schen Gesetze in der Thierkunde“ und erblickt in ihnen mit Keferstein und Anderen „die schlagendste Widerlegung von Darwin's Irrlehre“ und den stärksten Beweis gegen die Wahrheit der Descendenz-Theorie.

Mit dieser letzeren Wendung haben unsere Gegner selbst, ohne es zu ahnen, die Achilles-Ferse der Typen-Theorie bezeichnet. Denn es ist ganz richtig, dass die Typen-Theorie in dem ursprünglichen Sinne ihrer Urheber allerdings mit der Descendenz-Theorie in einem fundamentalen Widerspruche steht. Dieser Widerspruch liegt nicht sowohl darin, dass die Typen als völlig unabhängige und getrennte Hauptgruppen des Thierreichs betrachtet werden, als vielmehr in dem teleologischen Grundprincip ihrer Auffassung. Die Vorstellung, dass die Typen völlig unabhängige Formengruppen bilden, ist allerdings unvereinbar mit jeder monophyletischen Auffassung des Thierreichs, welche alle Thiere als Nachkommen einer einzigen gemeinsamen Stammform betrachtet; sie liesse sich aber dadurch mit der Descendenz-Theorie in Einklang bringen, dass man für jeden Typus eine selbstständige Stammform, mithin für das ganze Thierreich eine polyphyletische Descendenz statuirt; soviel Typen, soviel Phylen. Völlig unvereinbar mit der Descendenz-Theorie ist hingegen die Vorstellung von dem immanenten ursprünglichen „Bauplan der Typen“, welche

das eigentliche teleologische Grundprincip der Typen-Theorie bildet.

Sobald daher die durch DARWIN refomirte Descendenz-Theorie an die BAER-CUVIER'sche Typen-Theorie herantrat und die letztere nöthigte, sich mit ihr auseinander zu setzen, musste erstens dieses teleologische Grundprincip aufgeben und zweitens zugleich das Verhältniss der Typen zu einander völlig umgestaltet werden. Den ersten Versuch hierzu habe ich 1866 in meiner allgemeinen Entwickelungsgeschichte gemacht (im zweiten Bande der generellen Morphologie, im 16., 19., 24., und 25. Capitel). Erstens habe ich dort bereits nachgewiesen, dass „BAER's Typus der Entwickelung weiter Nichts ist als die Folge der Vererbung, und BAER's Grad der Ausbildung weiter Nichts als die Folge der Anpassung (a. a. O. S. 11); damit ist einerseits der dualistische Begriff des Typus oder des teleologischen „Bauplans" auf das mechanische Princip der Vererbung (mithin auf die physiologische Function der Fortpflanzung) zurückgeführt (a. a. O. S. 171); anderseits wird dadurch der dualistische Begriff der Vervollkommnung oder des teleologischen Fortbildungszieles auf das mechanische Princip der Anpassung, mithin auf die physiologische Function der Ernährung reducirt (a. a. O. S. 193). Zweitens habe ich damals bereits gezeigt, dass die verschiedenen höheren Typen des Thierreichs nur in genealogischem Sinne als Stämme oder Phylen aufgefasst werden können, dass aber die höheren Phylen des Thierreichs (Vertebraten, Mollusken, Arthropoden, Echinodermen) als divergirende Descendenten des niederen Würmerstammes zu betrachten sind, die aus verschiedenen Zweigen dieser vielgestaltigen niederen Thiergruppe ihren Ursprung genommen haben; und dass endlich die Würmer und die Coelenteraten aus der niedersten Organismen-Gruppe der Protozoen oder Protisten abgeleitet werden müssen (a. a. O. S. 413, 414). Bestimmter habe ich diese Ansicht dann in der ersten Auflage der „Natürlichen Schöpfungsgeschichte" (1868) ausgesprochen und in den folgenden Auflagen derselben zu verbessern gesucht. Es fehlte mir aber, um zur vollen Klarheit zu gelangen, damals die Gastraea-Theorie, auf welche ich erst durch die Monographie der Kalkschwämme geführt worden bin. Erst durch die Gastraea-Theorie und ihre Consequenzen wird das phylogenetische Verhältniss der Thier-Typen zu einander vollständig aufgehellt.

Man könnte behaupten, dass die Gastraea-Theorie nur eine

Reform oder eine Modification der Typen-Theorie sei, weil drei von den ursprünglichen vier Typen (Vertebraten, Mollusken, Arthropoden)' nahezu in dem ursprünglichen Umfange ihres Begriffes beibehalten worden sind; allein der Inhalt dieses Begriffes ist ein völlig verschiedener geworden. Ausserdem besteht aber zwischen den beiden Theorien der höchst wesentliche Unterschied, dass in der Typen-Theorie die Typen als coordinirte selbstständige Formengruppen von gleichem morphologischen Werthe neben einander und unabhängig von einander erscheinen, während in der Gastraea-Theorie die Phylen als theilweise coordinirte, theilweise subordinirte Gruppen von völlig verschiedenem morphologischen Werthe theils neben, theils über einander, alle aber in gemeinsamem Zusammenhange erscheinen.

In der vortrefflichen Auseinandersetzung, welche Gegenbaur n der zweiten Auflage seiner Grundzüge der vergleichenden Anatomie (1872, S. 72) „von den thierischen Typen" gegeben hat, sind diese verschiedenartigen Beziehungen der ungleichwerthigen Typen zu einander klar erörtert und weiterhin durch die scharfsinnigsten Ausführungen im Einzelnen auf dem sicheren Fundamente der vergleichenden Anatomie fest begründet. Gegenbaur zeigt, dass die sieben Typen oder Phylen theils ziemlich scharf, theils gar nicht von einander abgegrenzt sind; dass man niedere und höhere Typen unterscheiden muss, und dass die verschiedenen höheren Typen oder Phylen in den niederen ihren gemeinsamen Ausgangspunkt erkennen lassen. Durch diesen nachweisbaren Zusammenhang der Phylen wird „für das gesammte Thierreich eine Verbindung hergestellt, wodurch einer monophyletischen Umfassung der Boden bereitet erscheint. Durch diese erkennbaren Verknüpfungen muss die starre Auffassung der Stämme, wie sie von der ersten Typenlehre her entstand, bedeutend nachgiebiger werden; indem wir die Beziehungen der Typen zu einander in keiner anderen Weise treffen, als die Abtheilungen innerhalb der Typen: in genealogischer Gliederung" (a. a. O. S. 77).

Mit dieser Auffassung ist thatsächlich die Typen-Theorie von Baer und Cuvier aufgehoben; sowohl dem Umfang, wie dem Inhalt des Typus-Begriffes nach. Der „Typus" hat danach seine frühere Bedeutung vollständig verloren und besitzt als Kategorie des Systems keine andere philosophische Bedeutung, als die niederen Kategorien der Klasse, Ordnung, Genus, Species u. s. w.;

er ist nur relativ (durch seine Höhe), nicht absolut von letzteren verschieden. Thatsächlich ist also auch GEGENBAUR auf dem Wege der vergleichenden Anatomie zu derselben Stellung gegenüber der Typen-Theorie gelangt, zu welcher uns der Weg der vergleichenden Ontogenie geführt hat. Die Typen-Theorie hat ihr ausserordentliches Verdienst um die Zoologie gehabt und als oberstes Classifications-Princip des Thierreichs nach allen Seiten hin ungemein fruchtbar und anregend gewirkt. Ihre Wirksamkeit ist aber jetzt als beendet anzusehen. Der consequenten Anwendung und Durchführung der Descendenz-Theorie gegenüber ist sie nicht mehr genügend und an ihre Stelle wird zunächst diejenige phylogenetische Classification des Thierreichs treten müssen, deren wesentliche Basis unsere Gastraea-Theorie bildet.

Anhang.

Synoptische phylogenetische Tabellen.

Zur anschaulichen Uebersicht der allgemeinen Resultate, welche wir vorstehend aus der Gastraea-Theorie entwickelt haben, sollen die nachstehend folgenden vier phylogenetischen Tabellen dienen. Gegenüber den vielfachen Missdeutungen, welche die ähnlichen Tabellen und Stammbäume in meiner „Generellen Morphologie“ und „Natürlichen Schöpfungsgeschichte“, sowie in der „Monographie der Kalkschwämme“ gefunden haben, will ich ausdrücklich hervorheben, dass dieselben durchaus keine dogmatische Geltung beanspruchen, vielmehr lediglich Versuche sind, mit Hülfe der Gastraea-Theorie zu einer klaren Einsicht in die wichtigsten Verhältnisse der ontogenetischen und der phylogenetischen Entwickelung des Thierkörpers und seiner fundamentalen Organ-Systeme zu gelangen. Wer diesen Versuchen nicht beistimmen kann, mag etwas besseres Positives an ihre Stelle setzen, sich aber nicht mit der negativen Verwerfung derselben begnügen, wie es gewöhnlich geschieht. Jedenfalls schliesst sich das hier vorgeschlagene System des Thierreichs enger an die wichtigsten Thatsachen der Entwickelungsgeschichte an, als alle anderen bisher unternommenen Classifications-Versuche.

I.

Tabelle über die phylogenetische Entwickelung der Organ-Systeme der Wirbelthiere, gegründet auf die Gastraea-Theorie und die ontogenetische Vergleichung der Wirbelthiere mit den Wirbellosen.

A. **Exoderma.** Aeusseres primäres Keimblatt. **Animales Keimblatt.** Hautblatt. **Lamina dermalis** Epiblast.	a. Erstes secundäres Keimblatt: **Hautsinnesblatt** (Hautschicht, Baer) oder **Neuroblast.** (Lamella neurodermalis)	I. **Hornrohr** **Tubus corneus**	1. Epidermis (Oberhaut) 2. Epidermis-Anhänge (Haare, Nägel, Federn etc.) 3. Epidermis-Drüsen (Schweissdrüsen, Talgdrüsen etc.)
		II. **Nervenrohr** **Tubus nerveus**	4. Rückenmark 5. Gehirn 6. Sinnesorgane (Wesentlicher Theil)
		III. **Geschlechtsrohr** **Tubus urogenitalis**	7. Urnieren (??) (phylogenetisch ursprünglich Epidermis-Drüsen ?) 8. Geschlechts-Drüsen (??) (phylogenetisch ursprünglich Exoderm-Zellen ?)
	b. Zweites secundäres Keimbl.: **Hautfaserblatt** (Fleischschicht, Baer) oder **Inoblast.** (Lamella inodermalis)	IV. **Lederrohr** **Tubus coriarius**	9. Corium (Lederhaut) (und Hautmuskulatur)
		V. **Fleischrohr** **Tubus carnosus**	10. Rumpfmuskulatur (Seitenrumpfmuskeln etc.) 11. Endoskelet (Chorda, Wirbelsäule etc.) 12. Exocoelar (?) (Parietales Coelom-Epithel)
B. **Entoderma.** Inneres primäres Keimblatt. **Vegetatives Keimblatt.** Darmblatt. **Lamina gastralis** Hypoblast.	c. Drittes secundäres Keimbl.: **Darmfaserblatt** (Gefässschicht, Baer) oder **Haemoblast.** (Lamella inogastralis)	VI. **Blutrohr** **Tubus sanguineus**	13. Haemolymphe (Urblut) (Primordiale Blutflüssigkeit) 14. Endocoelar (?) (Viscerales Coelom-Epithel) 15. Haupt-Gefäss-Stämme (Lymphstämme und Blutstämme; Herz) 16. Gefäss-Drüsen (Lymphdrüsen, Milz etc.)
		VII. **Gekrösrohr** **Tubus mesentericus**	17. Mesenterium (Gekröse) 18. Darmmuskulatur (und Darmhüllen).
	d. Viertes secundäres Keimbl.: **Darmdrüsenblatt** (Schleimschicht Baer) oder **Mykoblast.** (Lamella mykogastralis)	VIII. **Schleimrohr** **Tubus mucosus**	19. Darm-Epithelium 20. Darmdrüsen-Epithelium

II.

Synoptische Tabelle über diejenigen Urorgane, welche mit Wahrscheinlichkeit bei den Würmern, Gliederthieren, Weichthieren und Wirbelthieren als homolog zu betrachten sind.

Vermes	Arthropoda	Mollusca	Vertebrata
I. Differenzirungs-Producte des Hautsinnesblattes.			
Epidermis	Hypodermis (Chitinogen-Membran)	Epidermis	Epidermis
Urhirn (Oberer Schlundknoten)	Gehirn (Oberer Schlundknoten)	Gehirn (Oberer Schlundknoten)	Markrohr oder Medullarrohr (Vorderster Theil!)
Excretionsorgane („Wassergefässe, Segmental-Organe“)	Schalendrüse der Crustaceen	Nieren	Urnierengänge
II. Differenzirungs-Producte des Hautfaserblattes.			
Corium (und Ringmuskelschlauch?)	Corium (Rudiment)	Corium und Hautmuskulatur (Erste Anlage!)	Corium und Hautmuskulatur (Erste Anlage!)
Längsmuskel-Schlauch	Rumpfmuskeln (Longitudinal)	Innere Rumpf-Muskulatur	Seitenrumpfmuskeln
III. Differenzirungs-Producte des Darmfaserblattes.			
Coelom	Leibeshöhle	Leibeshöhle	Pleuro-Peritoneal-Höhle
Dorsales Hauptgefäss	Herz	Herz-Kammer	Aorta (primordialis)
Ventrales Hauptgefäss			Herz (nebst Arterien-Bulbus)
Darmwand (exclus. Epithel)	Darmwand (exclus. Epithel)	Darmwand (exclus. Epithel)	Darmfaserhaut und Mesenterium
IV. Differenzirungs-Producte des Darmdrüsenblattes.			
Darm-Epithelium	Darm-Hypodermis (zum grössten Theil)	Darm-Epithelium (zum grössten Theil)	Darm-Epithelium (ausgenommen Mundhöhle und Afterhöhle).

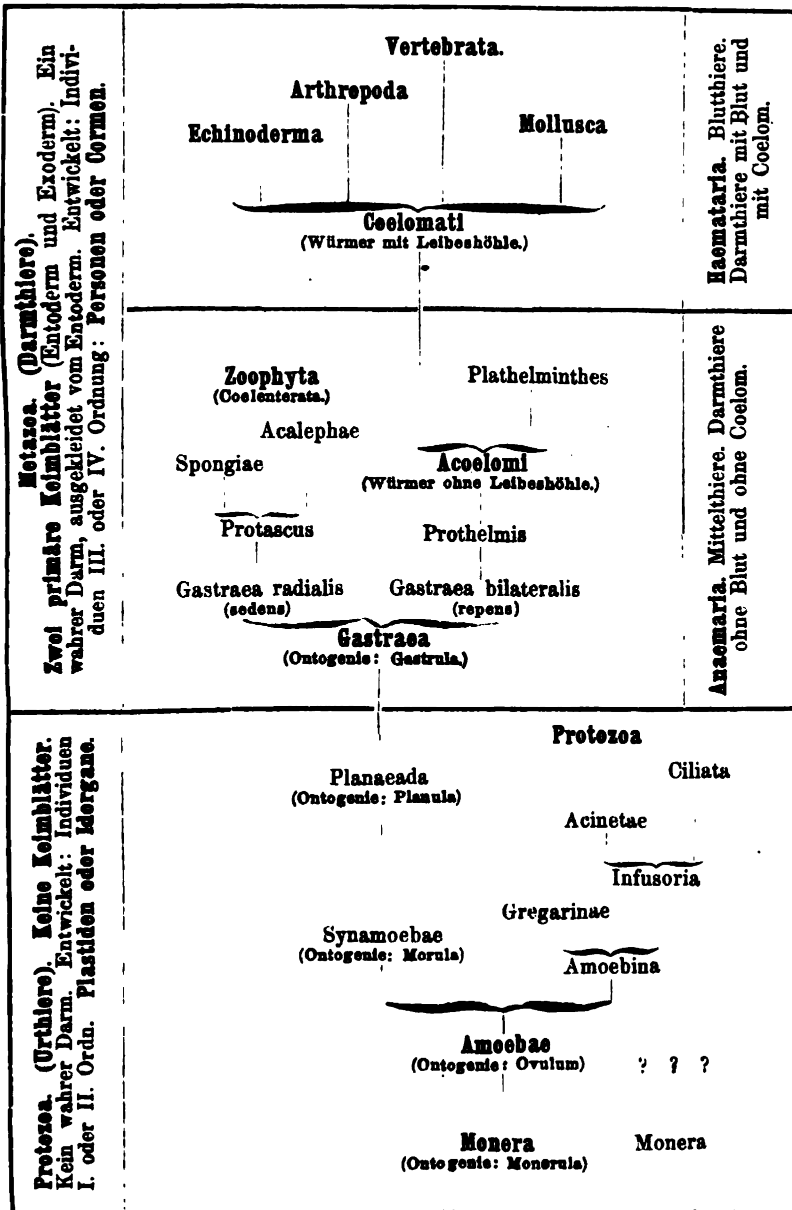
III.

Entwurf einer phylogenetischen Classification des Thierreichs, gegründet auf die Gastraea-Theorie und die Homologie der Keimblätter, des Urdarms und des Coeloms.

2 Subregna.	3 Syntagmata:	8 Phyla:	16 Phylocladi:	40 Classes:
Protozoa. (Subregnum primum).	Erste Hauptgruppe d. Thierreichs: **Protozoa. Urthiere.** Thiere ohne Keimblätter, ohne Darm, ohne Coelom, ohne Haemolymphe.	I. **Protozoa.**	1. Ovularia	1. Monera
				2. Amoebina
				3. Gregarinae
			2. Infusoria	4. Acinetae
				5. Ciliata
(Subregnum animale secundum) **Metazoa.** (Descendenten der Gastraea).	Zweite Hauptgruppe d. Thierreichs: **Anaemaria. Mittelthiere.** (Blutlose Darmthiere). Thiere mit zwei primären Keimblättern u. mit Darm; aber ohne Coelom und ohne Haemolymphe.	II. **Zoophyta** (Coelenterata)	3. Spongiae	6. Gastraeada
				7. Porifera
			4. Acalephae	8. Coralla
				9. Hydromedusae
				10. Ctenophorae
		III. **Acoelomi.**	5. Acoelmio (Vermes I.)	11. Archelminthes
				12. Plathelminthes
	Dritte Hauptgruppe des Thierreichs: **Haemataria. Blutthiere.** (Blutführende Darmthiere). Thiere mit zwei primären Keimblättern und mit Darm; mit Coelom und mit Haemolymphe; alle zugleich mit Muskel-System u. mit Nerven-System.	IV. **Coelomati**	6. Coelomati (Vermes II.)	13. Nematelminthes
				14. Bryozoa
				15. Tunicata
				16. Rhynchocoela
				17. Gephyrea
				18. Rotatoria
				19. Annelida
		V. **Mollusca**	7. Brachiopoda	20. Spirobranchia
			8. Otocardia	21. Lamellibranchia
				22. Cochlides
				23. Cephalopoda
		VI. **Echinoderma**	9. Colobrachia	24. Asterida
				25. Crinoida
			10. Lipobrachia	26. Echinida
				27. Holothuriae
		VII. **Arthropoda**	11. Carides	28. Crustacea
			12. Tracheata	29. Arachnida
				30. Myriapoda
				31. Insecta
		VIII. **Vertebrata**	13. Acrania	32. Leptocardia
			14. Monorrhina	33. Cyclostoma
			15. Anamnia	34. Pisces
				35. Dipneusta
				36. Halisauria
				37. Amphibia
			16. Amniota	38. Reptilia
				39. Aves
				40. Mammalia

IV.

Monophyletischer Stammbaum des Thierreichs, gegründet auf die Gastraea-Theorie und die Homologie der Keimblätter.



Erklärung der Tafel I.

Schematische Illustration der Gastraea-Theorie.

Die Tafel I enthält schematische Durchschnitte durch die Jugend-Zustände von Repräsentanten aller verschiedenen Metazoen-Phylen, und soll die Homologie der beiden primären Keimblätter bei denselben, sowie den Ursprung der vier secundären Keimblätter veranschaulichen. Fig. 1—8 sind schematische Längsschnitte, Fig. 9—16 schematische Querschnitte. In allen Figuren ist das primäre innere Keimblatt (Gastralblatt, Entoderm, vegetatives Keimblatt) nebst den davon abgeleiteten Theilen durch rothe Farbe bezeichnet; hingegen das primäre äussere Keimblatt (Dermalblatt, Exoderm, animales Keimblatt) durch blaue Farbe. Die Buchstaben bedeuten überall dasselbe:

a) Urdarm (Progaster); primitives Darmrohr
o) Urmund (Prostoma); primitive Mundöffnung
i) Gastralblatt (Entoderma); inneres primäres Keimblatt; Hautblatt
d) Darmdrüsenblatt (Mykogastralblatt)
f) Darmfaserblatt (Inogastralblatt)
e) Dermalblatt (Exoderm); äusseres primäres Keimblatt; Darmblatt
m) Hautfaserblatt (Inodermalblatt)
h) Hautsinnesblatt (Neurodermalblatt)
c) Coelom (Leibeshöhle oder Pleuroperitoneal-Höhle)
n) Urhirn (Medullarrohr)
x) Axenstab oder Chorda dorsalis
t) Dorsales Darmgefäss (Aorta)
z) Ventrales Darmgefäss (Herz)
r) Dorsale Seitenrumpf-Muskeln
b) Ventrale Seitenrumpf-Muskeln
l) Lederhaut (Corium)
k) Keimdrüsen (Anlagen der Sexual-Drüsen)
u) Urnieren (Excretions-Canäle).

Fig. 1—8 stellen schematische Längsschnitte der **Gastrula** von acht verschiedenen Thierformen dar.

Fig. 1. Gastrula einer Spongie (Olynthus).
Fig. 2. Gastrula einer Coralle (Actinia).
Fig. 3. Gastrula eines Acoelomen (Turbellaria).
Fig. 4. Gastrula eines Tunicaten (Ascidia).
Fig. 5. Gastrula eines Mollusken (Limnaeus).
Fig. 6. Gastrula eines Asteriden (Uraster).
Fig. 7. Gastrula eines Crustaceen (Nauplius).
Fig. 8. Gastrula eines Vertebraten (Amphioxus).

Fig. 9—16 stellen schematische Querschnitte durch Repräsentanten von acht verschiedenen Typen dar.

Fig. 9. Querschnitt durch eine einfachste Spongie (Olynthus) oder eine einfachste Hydromeduse (Hydra). Die Wand des Urdarms besteht (wie bei der Gastrula) zeitlebens nur aus den beiden primären Keimblättern.

Fig. 10. Querschnitt durch eine einfache Acalephen-Form (Hydroid). Zwischen dem Gastrablatt (i) und dem Hautsinnesblatt (h) ist das Hautfaserblatt (m) angelegt.

Fig. 11. Querschnitt durch einen Acoelomen-Embryo (einer Turbellarie). Der Schnitt geht mitten durch das Urhirn oder den oberen Schlundknoten (n). Zwischen dem Hautsinnesblatte (h) und dem Darmdrüsenblatte (d) sind ausserdem nur die beiden Faserblätter sichtbar, welche dicht an einander liegen: das äussere Hautfaserblatt (m) und das innere Darmfaserblatt (f).

Fig. 12. Querschnitt durch eine Ascidien-Larve, vor der Basis des Schwanzes, wo sich das vorderste Ende der Chorda (x) zwischen das Medullarrohr (n) und das Darmrohr (d) einschiebt. Zwischen Hautfaserblatt (m) und Darmfaserblatt (f) ist das Coelom sichtbar.

Fig. 13. Querschnitt durch eine Amphioxus-Larve (Vergl. Kowalevsky, Entwickelungsgeschichte des Amphioxus Taf. II, Fig. 20). Das Darmfaserblatt (f) ist noch gänzlich von dem Hautfaserblatt (m) getrennt. Der ganze Körper besteht bloss aus den vier secundären Keimblättern.

Fig. 14. Querschnitt durch eine etwas ältere Amphioxus-Larve. Das Medullarrohr (n) hat sich vom Hornblatt (h) vollständig abgeschnürt. Das Hautfaserblatt (m) ist mit dem Darmfaserblatt (f) in der dorsalen Mittellinie (Mesenterial-Linie) verwachsen und in Lederhaut (l) und Rumpfmuskeln (r) differenzirt. Zwischen dem Darmrohr und dem abgeschnürten Medullarrohr (n) hat sich die Anlage der Chorda (x) gebildet.

Fig. 15. Querschnitt durch einen Wurm-Embryo (Kopf-Segment eines Anneliden). Zwischen dorsalen (r) und ventralen (b) Längsmuskeln treten die Urnieren (Segmental-Organe, u) von der Hautoberfläche hindurch in die Leibeshöhle (c). Oberhalb des Urdarms (a) ist das dorsale Längsgefäss (t), unterhalb desselben das ventrale Längsgefäss (z) sichtbar, beide eingeschlossen in das Darmfaserblatt (f).

Fig. 16. Querschnitt durch einen Wirbelthier-Embryo (Körpermitte eines Fisches). Zwischen dorsalen (r) und ventralen (b) Seitenrumpf-Muskeln tritt die Urnieren-Anlage (u) von der Haut hindurch zur Leibeshöhle (c). Oberhalb des Urdarms (a) ist die primordiale Aorta (t), unterhalb desselben die Anlage des Herzens (oder des Arterienbulbus, z) sichtbar, beide eingeschlossen in das Darmfaserblatt (f). Der einzige wesentliche Unterschied zwischen dem typischen Querschnitt des Vertebraten-Körpers und des Wurmkopfes (Fig. 15) besteht darin, dass sich bei ersterem zwischen Medullarrohr (n) und Urdarm (a) die Chorda entwickelt (x).

Jena, am 29. September 1873.

Ueber die Bedeutung phylogenetischer Methoden für die Erforschung lebender Wesen.

Rede gehalten beim Eintritt in die philosophische Facultät der Universität Jena am 2. August 1873.

Von

Dr. Eduard Strasburger.

Hochzuverehrende Versammlung!

Seit nunmehr vier Jahren habe ich die Ehre dieser Hochschule anzugehören, und so wird mir die Freude meine heutige Antrittsrede, in mir wohlbekanntem, ich könnte fast sagen befreundetem Kreise zu halten. Noch andere Bande knüpfen mich ausserdem an unsere Universität, an der ich das Glück hatte die besten und schönsten Jahre meiner Studienzeit zu verleben. Ja, ich darf es wohl sagen, dass ich in geistiger Beziehung Jena angehöre, wo ich als Schüler die erste Anregung zu höherer, allgemeinerer Auffassung der wissenschaftlichen Aufgaben erhielt und wo es mir dann auch vergönnt war als Lehrer die ersten, wichtigeren Schritte auf selbständig erforschtem Gebiete zu thun. Der erste Gedanke zu einem umfassenderen Werke, welches wohl für lange Jahre meine ganze Richtung in der botanischen Wissenschaft bestimmen dürfte, ist in Jena entstanden und zum Abschluss gekommen [1]). Er knüpft auch unmittelbar an die ganze Art der Naturauffassung wie sie jetzt an unserer Hochschule vertreten, ja ich könnte fast sagen: an die Jenenser naturwissenschaftliche Schule an.

Der Grundgedanke dieser Auffassung ist: dass nur durch phylogenetische Behandlung die biologische Wissenschaft zu fördern sei. Die grossartigen Ideen, durch welche, in den letzt

1) Die Coniferen und die Gnetaceen. Eine morphologische Studie. Jena 1872.

verflossenen Decennien, die Thatsachen dieser Wissenschaft in causalen Zusammenhang gebracht wurden, mussten diese unsere Auffassung bestimmen. Wenn, wie in so hohem Grade wahrscheinlich gemacht worden, die organischen Formen nicht unverändert von Anfang an bestehen, sondern durch langsame Umwandlung aus einander hervorgegangen, so musste es wohl unsere nächste Aufgabe sein diese Umwandlungen zu verfolgen. Wir hatten hiermit das Recht erworben auf die Gegenstände unserer Forschung dieselben historischen Methoden anzuwenden, die auch andere Gebiete, wo eine Entwickelung längst anerkannt worden, beherrschen: so die Geschichte unserer politischen und geistigen Entwickelung, so die vergleichende Sprachforschung. Von diesem Standpunkte aus können wir uns nicht mehr damit begnügen einen gegeben Organismus möglichst genau zu beschreiben: wir suchen nach den Gründen seiner Eigenschaften. So sind wir in der Gestaltenlehre bemüht die einfacheren Formen aufzudecken, aus denen er hervorgegangen, diese an andere noch einfachere anzuknüpfen und so fort, bis weite Verwandtschaftsreihen gewonnen und das Product der Gestaltung in seine einzelnen Factoren zerlegt ist. Wir werden durch derartig construirte Verwandtschaftsreihen heute bereits von den complicirtesten organischen Gebilden bis an die Grenzen des Anorganischen geführt und so gewinnt die ganze Auffassung des Organischen eine einfachere, begreiflichere Grundlage.

Freilich sind wir in unseren historischen Untersuchungen nur auf indirecte Methoden angewiesen und können daher die mit Hilfe derselben erhaltenen Resultate nur nach ihrem logischen Werthe beurtheilen. Wir können nicht die Organismen in ihrer wirklichen phylogenetischen (d. h. historischen) Entwickelung, die Jahrtausende in Anspruch nimmt, verfolgen; doch ihre ontogenetische (d. h. individuelle) Entwickelung (auch kurz „Entwickelungsgeschichte“ genannt) vollzieht sich unter unseren Augen und wir haben Grund sie als eine Wiederholung der phylogenetischen Entwickelung zu deuten. Tritt doch ein jeder Organismus nicht fertig in die Erscheinung, durchläuft vielmehr eine Reihe von Veränderungen, die in stätiger Aufeinanderfolge, ihn bis zu dem Abschlusse seiner Entwickelung geleiten. Dabei sehen wir, dass auch relativ sehr verschiedene Organismen in ihren jüngsten Entwickelungszuständen mit einander übereinstimmen; dass auf älteren Zuständen die Uebereinstimmung nur noch für Organismen gilt, die wir Grund haben, für näher verwandt zu halten; dass

endlich die späteren Entwickelungszustände nur noch den nächsten Verwandten gemeinsam sind und zuletzt erst die ganz specifischen Charaktere jeder Species auftreten. Dann finden wir auch, dass junge Entwickelungszustände höherer Organismen den fertigen Zuständen niederer entsprechen [1]), — finden endlich, dass paleontologische Befunde dieselbe Reihenfolge im Auftreten der Organismen auf der Oberfläche unseres Planeten nachweisen, wie wir sie eben noch, mehr oder weniger vollständig, in den aufeinander folgenden Entwickelungszuständen des einzelnen Organismus sich unter unseren Augen haben abwickeln sehen. So wunderbar dieses auch scheinen mag, so findet es doch in dem von Darwin entdeckten Gesetz der Vererbung in correspondirendem Lebensalter seine einfache Erklärung. Es ist eine Erfahrung des täglichen Lebens, dass neuauftretende Eigenschaften: etwa bestimmte Krankheiten des Menschen, bei den Nachkommen sich in derselben Entwickelungsperiode zeigen, in der sie von den Vorfahren, erworben worden sind, und nach denselben, die Vererbung beherrschenden Gesetzen sehen wir auch in der ganzen ontogenetischen Entwickelung des Individuum's die Eigenschaften in derselben Reihe auf einander folgen [2]), in der sie während der phylogenetischen Entwickelung erworben worden sind. Ich kann hier nicht alle die gewichtigen Gründe wiederholen, die für eine wirkliche „Entwickelung„ der organischen Welt sprechen [3]), nur galt es mir zu zeigen, dass, wenn eine solche Entwickelung angenommen wird,

1) „Da der Bau des Embryo uns im Allgemeinen, mehr oder weniger deutich, den Bau der alten noch wenig modificirten Stammformen überliefert, so sehen wir auch ein, warum alte und erloschene Lebensformen so oft den Embryonen der heutigen Arten derselben Classe gleichen. Agasiz hält diess für ein allgemeines Naturgesetz; und ich hoffe es später noch bestätigt zu sehen. So Darwin: „Entstehung der Arten, deutsche Uebersetzung, 5. Auflage, 1872, S. 525.

2) Von etwaigen späteren Veränderungen abgesehen, von denen noch die Rede sein wird.

3) Einschaltend sei hier wieder hervorgehoben, dass man die Descendenztheorie nicht ohne Weiteres mit der Selectionstheorie, d. h. dem eigentlichen Darwinismus, identificiren darf. Auch in dem Fall, dass Darwin's Princip nicht ausreichen sollte, um die Entwickelung der organischen Welt zu erklären ja selbst dann, wenn es unbegründet wäre, könnte eine Entwickelung der organischen Welt, ja der Welt überhaupt, nach dem jetzigem Stande unseres Wissens nicht mehr in Zweifel gezogen werden. Die ganzen, diesem Vortrag zu Grunde gelegten Erörterungen, sind aber nur auf die Descendenztheorie. nicht auf den eigentlichen Darwinismus basirt. Vergl. im Uebrigen das Nähere am Schlusse dieses Vortrages.

alles dahin drängt, die Ontogenie, d. h. individuelle Entwickelungsgeschichte, als eine kurze Recapitulation der Phylogenie, d. h. der paleontologischen Entwickelung, anzusehen [1]). Ist dieses aber der Fall, so bietet uns die Ontogenie auch reale Anknüpfungspunkte und verflossene Verwandtschaftsreihen zu reconstruiren. Das Gesagte ist so wahr, dass man auch schon früher, ohne jenen Zusammenhang mit der Phylogenie zu ahnen, die Entwickelungsgeschichte stets zu Hilfe zog, wo es galt morphologisch-phylogenetische Aufgaben zu lösen. Man benutzte die Entwickelungsgeschichte um Beispielweise ein Gebilde von fraglichem morphologischem Werthe auf seine Grundform zurückzuführen. Man hatte drei derartige, morphologische Grundformen für die höheren Pflanzen aufgestellt, diese waren Stamm, Blatt und Haar. Aus einer dieser Grundformen liess sich, erfahrungsmässig jede Bildung ableiten und die Entwickelungsgeschichte kam dieser Ableitung zu Hilfe, weil in den meisten Fällen, die gemeinsamen morphologischen Merkmale der Grundformen auf jüngeren Zuständen leichter zu erkennen waren als auf älteren. Man ahnte hierbei noch nicht, dass dieses entwickelungsgeschichtliche Verfahren im Grunde genommen ein phylogenetisches war, dass das Zurückführen aller Theile der höheren Pflanzen auf diese bestimmten Grundformen nur deshalb gelingen konnte, weil alle diese Theile durch langsame Umwandlung: durch Metarmorphose, aus diesen Grundformen hervorgegangen waren, und dass die Entwickelungsgeschichte nur deshalb in dieser Zurückführung uns behilflich war, weil sie uns die wirklich ursprünglicheren Zustände der metamorphosirten Theile vorführte.

Die Entwickelungsgeschichte war um diese Zeit, so könnte man sagen, ein nur empirisch gewonnenes Hilfsmittel, dessen rationelle Bedeutung erst die Descendenztheorie aufzudecken hatte.

1) „Die Embryologie gewinnt sehr an Interesse wenn wir uns so den Embryo als ein mehr oder weniger verblichenes Bild der gemeinsamen Stammform, entweder in seiner erwachsenen oder Larvenform, als Glieder derselben grossen Thierclasse vorstellen.“ (Darwin, Entstehung der Arten, deutsche Uebersetzung. 5. Aufl. S. 526, ebenso 1. Aufl., 1860, S. 453.) — „In der kurzen Frist weniger Wochen oder Monde führen die wechselnden Formen der Embryonen und Larven ein mehr oder minder vollständiges, mehr oder minder treues Bild der Wanderungen an uns vorüber, durch welche die Art im Laufe unzähliger Jahrtausende zu ihrem gegenwärtigen Stande sich emporgerungen hat.“ Fritz Müller, für Darwin S. 75—76, 1864. — „die Ontogenie ist eine kurze Recapitulation der Phylogenie“ Haeckel, Generelle Morphologie, Bd. II, S. 7, 1866.

Aehnlich zog man von jeher auch den Vergleich für die Lösung morphologischer Fragen zu Rathe.

Was bei dem einen Organismus dunkel blieb, konnte an den entsprechenden Theilen eines anderen oft aufgehellt werden. Im Grunde war auch dieses Verfahren phylogenetisch, konnte seine wahre Bedeutung also auch erst durch die Descendenztheorie gewinnen, denn durch diese wurde uns erst klar, dass wir in den sich entsprechenden Theilen der Organismen meist mit wirklich homologen Dingen, d. h. mit Dingen von gleichem Ursprung zu thun haben, dass daher das eine, weniger durch Metamorphose Veränderte, auch wirklich Licht auf die Bedeutung des anderen, mehr Veränderten, werfen könne. Bis dahin hatte aber der Vergleich, der von Anfang an, für verschieden gehaltener Objecte, nur wenig Sinn und konnte die Erkenntniss vom Wesen derselben nur wenig fördern. Nur Staunen konnte erregen: ein „gemeinsamer Bauplan,“ „gemeinsamer Grundgedanke der Schöpfung“ und andere lange Zeit geläufige Auffassungen, die ihrer Art nach sicher nicht in das Gebiet der Naturwissenschaft gehörten.

Die von uns angewandten phylogenetischen Methoden unterscheiden sich im übrigen, was den „modus procedendi“ anbetrifft, nicht von den früheren, wir operiren immer noch mit den nämlichen Mitteln, die nur neu werden durch den Hintergrund, den wir ihnen geben. Entwickelungsgeschichte und Vergleich treten uns jetzt entgegen in einem ganz anderen Gewande.

Doch wenn die individuelle Entwickelung eine Wiederholung der phylogenetischen ist, dann sollte man meinen, müsste die Entwickelungsgeschichte allein genügen, um alle morphologischen Fragen zu lösen. Dem ist nun leider nicht immer so, zunächst schon nicht, weil in dem Maasse als neue Charaktere von einem Organismus erworben werden, d. h. neue Glieder am Ende der Entwickelungsreihe hinzukommen, diese Reihe sich am Anfang zusammenzuziehen pflegt, ja hin und wieder einige der ältesten Glieder völlig aus derselben schwinden und dann vornehmlich auch deshalb nicht, weil die jüngsten Entwickelungszustände eines Organismus ebensogut anpassungsfähig, d. h. veränderungsfähig sind wie die älteren. Ja, ihrer grösseren Plasticität wegen, wären die jüngsten Zustände wohl noch veränderungsfähiger, wenn sie nicht meist von den älteren Theilen umgeben, geschützt, und so den äusseren Einflüssen, weniger ausgesetzt wären. Das ist der Grund, warum uns die Ontogenie noch immer vorzügliche Dienste leistet, wenn wir auch, nach obiger Erörterung, nicht allein auf ihr

fussen dürfen und so, im Voraus, gewarnt sind gegen Fälle, wo diese ontogenetische Entwickelung stark verändert, ja selbst in andere Bahnen so weit gedrängt wurde, dass wir uns veranlasst sehen, eine s. g. verfälschte Entwickelung anzunehmen. Solche Fälle verfälschter Entwickelung dürfen aber in keiner Weise gegen unsere Deutung der individuellen Entwickelung angeführt werden, denn sie lassen sich durch Mittelstufen mit anderen, in den ursprünglichen Bahnen der Entwickelung verbliebenen Formen verbinden. Sie sind die Ausnahmen, die nur die Regel bestätigen. Diese Modalitäten der Entwickelung sind bereits von Darwin angedeutet worden.

„In denjenigen Fällen" schreibt er „wird das Gesetz" (dass der Bau des Embryo uns im Allgemeinen mehr oder weniger deutlich den Bau ihrer alten noch wenig modificirten Stammform überliefert) „nicht gelten, in denen eine alte Form in ihrem Larvenzustande irgend einer speciellen Lebensweise angepasst wurde und denselben Larvenzustand einer ganzen Gruppe von Nachkommen überlieferte; denn diese werden in ihrem Larvenzustand dann keiner noch älteren Form im erwachsenen Zustande gleichen." l. c. S. 526. Eine viel bestimmtere Fassung erhielt die Deutung der Ontogenie, durch Fritz Müller's geistvolle Untersuchungen über die Entwickelungsgeschichte der Crustaceen. Ich finde in seiner „für Darwin" veröffentlichten Schrift (1864) bereits die wichtigsten Punkte unserer obigen Erörterung verzeichnet so auf S. 77: „Die in der Entwickelungsgeschichte erhaltene geschichtliche Urkunde wird allmälig verwischt, in dem die Entwickelung einen immer geraderen Weg vom Ei zum fertigen Thiere einschlägt und sie wird häufig gefälscht durch den Kampf um's Dasein, den die freilebenden Larven zu bestehen haben."

In vorzüglicher und immer noch einzigdastehender Art hat endlich Haeckel in seiner generellen Morphologie [1]) (1866) die Gesetze der Vererbung und Anpassung behandelt, und in einem reich gegliederten Systeme zum vorläufigen Abschluss gebracht. Da ich diese Verhältnisse hier nur andeuten konnte, so erlaube ich mir im Uebrigen noch auf dieses sein Werk zu verweisen.

Wo aber die Ontogenie uns zur Lösung einer Frage nicht ausreichen will, da greifen wir zu dem Vergleich, dessen phylogenetische Bedeutung wir eben noch besprochen; da kommen uns

1) S. 180–223.

oft auch zufällige Verbildungen zu Hülfe, die häufig attavistischer Art, d. h. Rückschlags-Erscheinungen sein können, und mit einem Male den ganzen morphologischen Charakter eines fraglichen Gebildes aufdecken[1]. — Oft mag auch die phylogenetische Lösung einer gegebenen Frage gar nicht möglich sein; dieses liegt aber nicht an der Methode, sondern am Gegenstande, der eben in jenem Falle sehr stark durch Anpassung verändert worden und nur in einzelnen, extremen Gliedern bis auf die Jetztzeit sich erhielt. Dann ist die Frage überhaupt nicht, oder doch wenigstens nicht für den Augenblick zu lösen, denn eine andere Möglichkeit der Lösung als die phylogenetische ist unserer Meinung nach nicht vorhanden. Hier gilt es mit einer bestimmten grösstmöglichen Wahrscheinlichkeit sich zu begnügen und zu warten bis nicht etwa andere sicher gewonnene Thatsachen ein unerwartetes Streiflicht auch auf jene offene Frage werfen.

Wie eine solche phylogenetische Untersuchung geführt wird, möchte ich aber noch an einigen Beispielen zeigen, die ich dem Gebiet, das ich hier speciell zu vertreten habe, entnehme, und welche ich als besonders instructiv, aus der Summe der mir zu Gebote stehenden Erfahrungen, herausgreife: das erste Beispiel soll Ihnen eine verhältnissmässig sehr vollständig und rein erhaltene, das zweite eine lückenhafte, das dritte eine verfälschte Entwickelung schildern. Ich wähle hiefür nicht die ganze Pflanze, sondern nur einzelne Theile derselben, für welche ja die phylogenetische Untersuchung ganz in derselben Weise wie für die ganze Pflanze gilt. Ich thue diess, um rasch zum Ziele zu gelangen und doch ausführlich genug zu sein, um Ihnen eine Einsicht in die Art der Schlussfolgerung zu gestatten.

An dem jungen Zapfen jeder Kiefer oder Fichte ist zu sehen, dass die Schuppen, die den Zapfen bilden nicht einfach, sondern stets je zwei (eine äussere und eine innere) zusammen stehen. Die innere ist über der äusseren an der Axe des Zapfens inserirt, in den Winkel, den die äussere Schuppe mit dieser Axe bildet. oder wie man das kurz auszudrücken pflegt: sie steht in der Achsel der äusseren Schuppe. Die äussere Schuppe ist einfach blattartig ohne sonstwie auffallende Bildung; die innere ist ebenfalls an Gestalt einem Blatte ähnlich, trägt aber an der Basis der Innenfläche zwei umgekehrte, ihr einseitig angewachsene Fruchtanlagen.

1) Das Nähere in meinen Coniferen und Gnetaceen S. 402—404.

Dass die äussere Schuppe auch morphologisch als Blatt aufzufassen sei, konnte nie bezweifelt werden. Welche Deutung kommt aber der inneren Schuppe zu? Sie kann kein einfaches Blatt sein, denn es gilt die alte morphologische Regel: dass ein Blatt nicht unvermittelt in der Achsel eines anderen auftreten kann. In ihrer Stellung stimmt sie mit einer Achselknospe überein, doch mit einer solchen hat sie im fertigen Zustande keine Aehnlichkeit. Vielleicht ist sie nur das erste und einzige Blatt einer Achselknospe, die sonst nicht zur Entwickelung kommt? In welchem Verhältniss stehen dann aber die beiden Fruchtanlagen zu derselben? Wir haben es hier, wie wir sehen mit einer ziemlich verwickelten Frage zu thun, und dass die Antwort auf dieselbe nicht leicht, das zeigen die vielen Deutungen, die sie erfahren.

Doch was lehrt uns die Entwickelungsgeschichte? Die jüngsten Zustände, die wir in Untersuchung nehmen, zeigen uns, dass die innere Schuppe ganz in derselben Weise in der Achsel der äusseren Schuppe auftritt, wie eine Achselknospe in der Achsel ihres Deckblattes.

Diese Achselknospe ist zunächst durchaus gerade und gipfelt in ihrem Vegetationskegel, sie erzeugt rechts und links je eine Blattanlage, die aber rudimentär bleibt, und in der Achsel dieser Blattanlagen je eine neue secundäre Knospe. die zu der weiblichen, hier nur aus einem Fruchtknoten bestehehenden Blüthe wird. Zunächst sind alle Verhältnisse völlig klar, an die gewöhnlich verbreiteten, vegetativen Fälle anknüpfend: doch zur Zeit der Anlage der beiden Blüthen zeigt sich eine Bevorzugung des Wachsthum's auf der Aussenseite, d. h. auf der dem Deckblatt zugekehrten Seite der ganzen Anlage. Unterhalb des Scheitels derselben beginnt die Axe sich einseitig auszudehnen und wächst endlich zu dem schuppenartigen Gebilde, dass wir zuvor geschildert haben, aus. Hierbei müssen: der Vegetationskegel der Anlage, die beiden Blattrudimente und ihre Achselproducte auf die Innenseite der Schuppe verschoben werden und die Blüthen sich völlig umkehren. Dieses ist das Resultat der Entwickelungsgeschichte und es reicht in diesem Falle völlig hin, um uns über die Natur des fraglichen Gebildes aufzuklären. Die innere Schuppe des Kiefern-Zapfens ist, können wir jetzt sagen, eine metamorphosirte Achselknospe und zwar eine kleine, zweiblüthige Inflorescenz mit rudimentären Blattanlagen und der blattartige Theil derselben eine einseitige Wucherung der Axe, eine sog. discoide Bildung, deren Entwickelung

eine Umkehrung der ganzen Knospe zur Folge hat. Dass die ontogenetische Entwickelung dieser Schuppe aber wirklich eine Wiederholung ihrer paleontologischen Entwickelung ist, das zeigt uns der Vergleich mit den anderen, noch existirenden Gattungen der Coniferen. Die, sich in der Entwickelung folgenden Zustände der Kiefern-Schuppe (Umkehrung der Blüthen und dergleichen), treten uns dort als eben so viele Verschiedenheiten der fertigen Zustände entgegen. Wir haben Genera mit weniger, ja mit ganz wenig entwickelten Schuppen, mit fast umgekehrten, halb umgekehrten, endlich ganz aufrechten, nur wenig angewachsenen und ganz freien Blüthen, bis uns als Urbild der ganzen, hier so stark modificirten Inflorescenz, dieselbe, ohne jede Verschiebung und Verwachsung, mit entwickelten Blättern und zwei achselständigen Blüthen, bei Torreya unter den Taxineen entgegentritt. Auch sei noch erwähnt, nur um das Bild unserer Untersuchungen zu vervollständigen, dass wir auch verbildete Zapfen bei der Fichte und Kiefer beobachtet haben, sicher Fälle atavistischer Art, wo die inneren Schuppen durch kleine vegetative Achselknospen vertreten waren. — So haben wir hier ein Beispiel kennen gelernt, wo trotz der Verschiebungen und Verwachsung im fertigen Zustande, die Entwickelungsgeschichte sich in ihren phylogenetischen Hauptmomenten erhalten hat und für sich allein schon die Lösung der ganzen Frage bringt. —

Jetzt gehe ich zu dem zweiten Beispiel mit stark verkürzter, lückenhafter Entwickelung über:

Die japanische Schirmfichte (Sciadopitys verticillata) trägt in regelmässigen Abständen reiche Wirtel flach ausgebreiteter blattartiger Gebilde, welche durchaus den sog. Nadeln der anderen Coniferen gleichen, und die man denn auch geneigt ist auf den ersten Blick für einfache Blätter anzusehen. Auch die Entwickelungsgeschichte dieser blattartigen Gebilde scheint zunächst diese Annahme zu stützen, denn wir sehen sie als kleine an der Spitze (dem fertigen Zustand entsprechend), eingeschnittene Höcker in die Erscheinung treten und, ganz wie es den Blättern der Phanerogamen sonst eigen ist, ihr Wachsthum sofort an der Spitze einstellen und nur an der Basis, intercalar, an Länge zunehmen. In Anlage und Entwickelung sind also die Höcker nicht wohl von Blatthöckern zu unterscheiden; befremdend ist es nur, dass wir dieselben direct in den Achseln anderer schuppenförmiger Blätter auftreten sehen, während wir ja doch sonst wissen, dass ein Blatt nicht unmittelbar in der Achsel eines anderen aufzutreten pflegt. Diess erregt in uns Zweifel an der auch ontogenetisch unterstützten An-

sicht und wir sehen uns nach anderen Anhaltepunkten für die Deutung um. — Wir finden zunächst, dass die ersten Blätter an der Keimpflanze dieser Schattenfichte, nicht in der Achsel anderer Blätter, vielmehr völlig frei am Stamm inserirt sind, dass sie ausserdem nicht in zwei, sondern nur in eine einzige Spitze auslaufen. Dann lehrt uns weiter der Vergleich, dass bei den verwandten Kiefern, in den Achseln kleiner Schuppen, kurze Zweige gebildet werden, die bei vielen Arten nur 2 entwickelte Nadeln tragen und mit diesen ihr Wachsthum beschliessen. Dieses veranlasst uns diese Kurztriebe näher zu untersuchen und wir erfahren, dass beide Nadeln bei ihrer Anlage fast völlig in der Mittellinie des Vegetationskegels des Zweiges zusammenstossen, und dass nur noch ein Schritt in der Metamorphose zu thun sei, damit dieser Vegetationskegel völlig aus der Entwickelung schwinde und beide Nadeln sich mit ihrer Innenseite verschmolzen gemeinschaftlich erheben. Diese Wahrnehmung erweckt in uns die Vermuthung, derartige verschmolzene Nadeln könnten wohl ausnahmsweise auch bei genannten Kiefer-Arten auftreten: wir suchen nach denselben und finden derer zahlreiche in allen Stadien der Verschmelzung. Endlich fällt uns eine Stelle in Master's Teratology auf, wo ein Fall der Durchwachsung einer dieser sog. Nadeln der Schirmfichte beschreiben wird: dieselbe hatte sich in zwei Hälften gespalten, zwischen diesen war eine Knospe hervorgewachsen und hatte sich weiter entwickelt. Nach dem zuvor Erfahrenen können wir in dieser Missbildung nur eine Rückschlagserscheinung erblicken und das unzweifelhafte Resultat der ganzen Untersuchung ist: dass die scheinbar einfachen Blätter der Schirmfichte in Wirklichkeit aus zwei ihrer Innenfläche verschmolzenen Nadeln entstanden sind, und dass sie aus der Metamorphose eines ganzen, zweiblättrigen Kurztriebes hervorgegangen. Der Vegetationskegel des Kurztriebes ist völlig aus der Entwickelungsgeschichte geschwunden und so haben wir von Anfang an nur die beiden mit ihrer Innenseite verschmolzenen Nadeln, welche demgemäss auch von Anfang an blattartige Entwickelung zeigen. Hierin liegt die Erklärung für das Verhalten der Entwickelungsgeschichte, während die phylogenetische Deutung lautet: die Schirmfichte ist ein Nachkomme kieferähnlicher Pflanzen mit 2blättrigen Kurztrieben und ihre scheinbaren Blätter die Homologa dieser Kurztriebe.

Endlich bleibt mir noch das letzte Beispiel mit verfälschter Entwickelung zu behandeln. Eine solche finden wir in ausgeprägter Weise an dem monocotylen Keime. Der Keim der Monocotylen

besizt, wie schon der Name sagt, nur ein einziges Keimblatt und unterscheidet sich hierin von dem Keime der Dicotylen mit fast ausnahmslos 2 Keimblättern und dem Keime der Archispermen (Coniferen und Gnetaceen) mit zwei oder mehr Keimblättern. Die Entwickelungsgeschichte ist für Keime aus allen den drei genannten Abtheilungen des Pflanzenreiches von der ersten Zelle (d. h. vom Eie) aus verfolgt worden. Bei den Archispermen wird zunächst die Axe des Keimes gebildet; sie läuft an ihrem oberen Ende in den Vegetationskegel des Stammes, am unteren, in denjenigen der Wurzel aus. Seitlich am Vegetationskegel des Stammes werden dann die Keimblätter in ganz ähnlicher Weise wie am Vegetationskegel einer gewöhnlichen, vegetativen Knospe angelegt. Wir haben hier jedenfalls am Anfang der Phanerogamen-Reihe auch den Urtypus des Phanerogamen-Keimes vor uns, der am nächsten in seinem Verhalten an die sonst hier gültigen, vegetativen Typen anschliesst.

Bei Dicotylen wird der ganze Keim als solcher bereits durch Anpassung verändert. Statt dass, wie diess stets an vegetativen Knospen und auch am Keim der Archispermen der Fall ist, der Vegetationskegel des Stammes zuerst auftrete und erst unter seinem Scheitel die Blätter sich bildeten, werden die beiden Keimblätter hier ganz ursprünglich aus der Keimanlage differencirt und erst nachträglich zeigt sich der Vegetationskegel zwischen denselben; wir sehen hier somit, wie der Vergleich unzweifelhaft lehrt, die Entwickelung des Keimes durch nachträgliche Metamorphose desselben schon theilweise verfälscht, verfälscht wenigtens in der Aufeinanderfolge der einzelnen Theile desselben. Die übrigen Verhältnisse stimmen noch mit den Archispermen überein. — Was zeigt uns nun aber die Entwickelungsgeschichte des Keimes der Monocotylen? Das einzige Keimblatt desselben wird unmittelbar aus der Keimanlage differencirt und bildet die directe Fortsetzung der Axe, der Vegtationskegel für den Stamm wird aber nachträglich und einseitig in halber Höhe des Keimes gebildet. Wollte man aus dieser Entwickelungsgeschichte allein einen Schluss auf den morphologischen Werth der einzelnen Theile dieses Keimes ziehen, so wäre es consequent (und dieses ist denn auch schon geschehen) das Keimblatt, das hier die directe Fortsetzung der ganzen Keimaxe bildet, nicht für ein Blatt, sondern für ein Axenorgan zu halten; den nachträglich, seitlich am Keim sich bildenden Vegetationskegel aber als eine secundäre Knospe an demselben. Der Vergleich mit dem dicotylen Keime giebt uns nun freilich

eine andere Deutung. Auch dort wurden ja bereits die beiden Keimblätter unmittelbar aus der Keimanlage herausdifferencirt und der Vegetationskegel des Stammes zeigte sich erst nachträglich zwischen denselben. Wir brauchen uns somit nur ein Keimblatt des dicotylen Keimes weggefallen zu denken, ein Fall der auch bei Dicodyledonen (Cyclamen, Corydalis) vorkommt, um ein ganz ähnliches Entwickelungsverhältniss wie bei Monocotylen zu erhalten: das Keimblatt wird sich dann direct aus der Keimanlage und der Vegetationskegel des Stammes sich erst nachträglich seitlich an dessen Basis zeigen müssen.

So bietet uns also der durch fortgesetzte Metamorphose in allen seinen Entwickelungszuständen veränderte monocotyle Keim ein ontogenetisches Bild, das durchaus nicht mehr dem phylogenetischen Ursprung desselben entspricht. Die individuelle Entwickelung ist hier durch nachträgliche Anpassung so verfälscht worden, dass sie uns nicht nur zur Deutung nicht verhelfen kann, sondern uns selbst auf Abwege führen könnte. Hier zeigen sich dann wieder die Vorzüge der phylogenetischen Methode, die bewusst ihre Hülfsmittel braucht und so allein auch die Möglichkeit gewährt die Deutung zu einem sicheren, überzeugenden Abschlus zu bringen.

Eine Art der ontogenetischen Entwickelung habe ich bisher ganz unerörtert gelassen, weil ihre Deutung besonders schwer ist und sich zur Zeit nur annäherungsweise versuchen lässt: ich meine die Entwickelung mit sog. Generationswechsel.

Diese Art der Entwickelung ist, wenn man die Bezeichnung für alle bisher so benannten Fälle zunächst gelten lässt, nicht seltner im Pflanzenreiche als im Thierreiche, ja sie kommt dann wohl im Pflanzenreiche häufiger noch als im Thierreiche vor, denn fast von allen Pflanzen lässt sich in diesem Sinne behaupten, dass die Generationswechsel in ihrer Entwickelung zeigen[1]). Selbst bei den Phanerogamen ist der „Generationswechsel" nur dadurch zum Schwinden gekommen, dass die eine der beiden „Generationen" das geschlechtlich differencirte Prothallium in die andere, die in Axe und Blatt differencirte ungeschlechtliche Pflanze aufgenommen worden ist. Auch kann der sog. Generationswechsel im Pflanzenreiche in oft ausserordentlicher Mannigfaltigkeit auftreten, denn einige Pilze, so z. B. die den Getreiderost verursachende Puccinia hat nicht weniger als „vier" verschiedene „Generationen" in ihrem Entwickelungscyclus aufzuweisen. —

1) Wobei ich von der Sprossfolge bei höheren Gewächsen, die ja auch als Generationswechsel gedeutet worden ist, ganz absehe.

Die Frage ist nur; ist es wirklich überall echter Generationswechsel dem wir im Pflanzenreich begegnen? Ich möchte diese Bezeichnung, die auf so heterogene Fälle angewandt wird, zunächst präcisirt und vor Allem phylogenetisch begründet sehen[1]).

Man pflegt eine ein Mal fixirte rhytmisch sich wiederholende Entwickelungseinheit[2]) als Generation zu bezeichnen; nun frägt es sich, ob das, was man „Generationswechsel" nennt, wohl jemals phylogenetisch dadurch entstanden sei, dass zwei oder mehr aufeinander folgende Generationen d. h. zwei aufeinander folgende, sich rhytmisch wiederholende Entwickelungs-Einheiten, die sich zunächst völlig glichen, nachträglich ungleich werdend, zu einer einzigen Entwickelungseinheit sich zusammenzogen.

Auf diese Weise wäre aus zwei oder mehr auf einander folgenden genealogischen Individuen, deren jedes zunächst zur Charakterisirung der Species ausreichte, eine neue genealogische Einheit entstanden und wären nunmehr die Charaktere ursprünglich mehrerer Generationen zur Charakterisirung der Species nothwendig: das Product einer solchen Entstehung wäre meiner Auffassung nach allein als Generationswechsel (Metagenesis) zu bezeichnen; während ich den sog. Generationswechsel von dem sich wahrscheinlich machen lässt, dass er phylogenetisch nur durch Spaltung der ursprünglich einen Generation entstanden, als Entwickelungswechsel (Strophogenesis)[3]) die sog. Generationen in diesem Falle lieber als Entwickelungsglieder bezeichnen möchte.

Echter Generationswechsel scheint, auch vom obigen Standpunkte aus betrachtet, wirklich im Thierreiche vorzukommen, so bei Salpen, Nematoden, (Ascaris nigrovenosa) und wohl bei den meisten Insekten mit Generationswechsel (Aphiden, Cocciden) wahrscheinlich auch bei den Bryozoen, Rotatorien, Daphniden, Phylopoden[4]) u. s. w. Auf den echten Generationswechsel passt dann die Deutung von Haeckel (gen. Morph. Bd. II. S. 161) die er in geistvoller Weise mit Zuhülfenahme der latenten Vererbung zu begründen sucht. Er knüpft die ganze Erscheinung an die auch

1) Vor Allem fordere ich einen Jeden auf, der sich über die schwierigen Verhältnisse der verschiedenen Arten der Zeugungskreise belehren will, die hierauf bezüglichen Abschnitte in Haeckel's „Genereller Morphologie" zu lesen (Bd. II, S. 81—109).

2) Haeckel l. c. S. 30.

3) Haeckel l. c. S. 107 gebraucht diesen von ihm gebildeten Terminus, in etwas anderer Bedeutung, worauf ich weiter unten zurückkomme.

4) Haeckel l. c. S. 91.

beim Menschen bekannte Erfahrung an, dass Kinder so oft mehr den Grosseltern als den Eltern gleichen. Dass Charaktere, eine oder mehrere Generationen hindurch latent bleiben können ohne sichtbare Uebertragung durch die mittelbare Fortpflanzung, um erst nach Verlauf derselben plötzlich wieder in einer entfernteren Generation zu Tage zu treten." Diese Erscheinung, die in den einfachsten Fällen als Atavismus bezeichnet wird, dürfte in der That bis in's Extrem gesteigert, den Schlüssel für die phylogenetische Deutung des wahren Generationswechsel's liefern.

Doch besitzen wir in diesem Sinne auch echten Generationswechsel im Pflanzenreiche? Ich meine nur in den seltensten Fällen und nur auf gewisse eng umschriebene Gruppen niederster Kryptogamen beschränkt. Für alle Pflanzen, von den Moosen an aufwärts, ist es mir hingegen wahrscheinlich, dass wir es nur mit Spaltung ursprünglich einer Generation, also mit Strophogenesis zu thun haben und dass, wenn ein Entwickelungscyclus aus mehr denn einem selbstständigen lebenden, d. h. pysiologischem Individium (nach Haeckel's Definition) besteht diese Individuen ihre Entstehung nur der Individualisirung bestimmter Glieder einer einzigen Generation verdanken, mögen diese Glieder durch Anpassung an besondere Lebensbedingungen dann auch noch so differente Charaktere erlangt haben. Eine gewisse Schwierigkeit scheint dieser Deutung aus dem Umstande zu erwachsen, dass ja auch in den letzten Fällen die verschiedenen, sich hier aufeinander folgenden Individuen von Neuem ihre Entwickelung mit je einer Zelle beginnen. Aber auch die einzelnen Glieder (Organe) die zu einem phylogenetischen Individuum verbunden bleiben, fangen ihre Entwickelung mit einer oder wenigen Zellen an. Dass andererseits die Zellen, welche die aufeinanderfolgenden, physiologischen Individuen erzeugen sollen, in grösserer Anzahl und oft in besonderen Behältern gebildet werden, scheint mir nur eine besondere, weitere Anpassung bei Entstehung dieser selbstständig gewordenen Glieder zu sein, die insofern nicht ganz aus dem Geleise des sonst Gewohnten getreten ist, als wir ja auch Fälle kennen, wo Knospen in ähnlicher Weise d. h. in grösserer Anzahl und in besondern Behältern erzeugt werden (so bei einigen Lebermoosen und Laubmoosen). In ähnlicher Weise fallen dann auch diese Brutknospen ab und bilden physiologisch selbständige Individuen.

Gegen eine Deutung der hier in Rede stehenden Entwickelungsvorgänge im Pflanzenreiche als Generationswechsel lässt sich auch der Umstand aufführen, dass wir im ganzen Pflanzenreich nicht

einen Entwickelungscyclus aufzuweisen haben in dem mehr denn ein geschlechtlicher Vorgang, mit mehr denn einmaliger Production echter Eier nachgewiesen wäre[1]). Es ist hiermit freilich die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass mehrere ungeschlechtliche, wirklich verschiedene Generationen, zu einem Generationscyclus zusammengetreten wären, eine derselben sich dann erst nachträglich geschlechtlich differencirt hätte. Doch kann dieses nur für gewisse, schon angedeutete niederste Kryptogamen: z. B. die Chlorosporeen, Phycomyceten, denen ich auch wirklich echten Generationswechsel zuerkennen möchte, nicht aber für die bereits genannten höheren Pflanzen gelten.

Für eine grosse Gruppe; die der farnähnlichen Gewächse, welche ganz besonders immer als Beispiele für den Generationswechsel im Pflanzenreiche angeführt werden, liesse sich special noch einwenden, dass es hier bei wirklicher Zusammensetzung aus mehreren Generationen, ganz wunderbar wäre, wie so es gerade die auf dem tieferen Entwickelungszustande verbliebenen Generation das thallusähnliche Prothallium ist, die geschlechtliche Differencirung zeigt. Gilt doch im Allgemeinen die geschlechtliche Differencirung als eine höhere, vollkommenere, später erworbene Art der Fortpflanzung, diese müsste also auch der höher entwickelten Generation angehören. Man müsste denn annehmen, dass die in Axe und Blatt differencirte Generation nachträglich, durch Rückbildung ungeschlechtlich geworden wäre, wofür hier aber keinerlei Anhaltepunkte vorliegen. Nicht unerwähnt will ich auch lassen, dass eine Anknüpfung der Farne an die Moose viel leichter werden wird, wenn die s. g. Generationen beider nur als individualisirte Glieder einer Generation erkannt werden.

Bekanntlich ist bei den Moosen die in Axe und Blatt ausgebildete Pflanze geschlechtlich differencirt, ausserdem haben die höheren Moose in ihrer strophogenetischen Entwickelung noch 2 Glieder aufzuweisen, das s. g. Sporogonium oder Fruchtkapsel, welche ungeschlechtlich erzeugte Sporen enthält und ein aus diesen Sporen hervorgehendes, fadenförmiges Gebilde, das Protonema, an dem durch ungeschlechtliche Knospung, die in Axe und Blatt differencirte geschlechtliche Pflanze wieder hervorgeht. Nun suchte man bei den Moosen nach Anknüpfungspunkten nicht nur für

---

1) Aus dem Thierreich hingegen könnten wir mehrere Beispiele anführen, so unter anderen: die Nematode Ascaris nigrovenosa mit 2 geschlechtlichen Generationen, die Rindenläuse u. s. w.

das in Axe und Blatt differencirte, ungeschlechtliche Entwickelungsglied der Farne, sondern auch für das geschlechtlich differencirte, thallusähnliche Prothallium. Man musste um Anknüpfungspunkte für letzteres zu gewinnen bis zu den niedrigsten, Thalloiden, geschlechtlich differencirten Lebermoosen zurück greifen; doch bei diesen Lebermoosen fehlt noch vollständig der in Axe und Blatt differencirte Theil, der auf die geschlechtlichen Organe bei den Farnen folgt. Bei den Laubmoosen hatte man zwar wieder eine in Axe und Blatt differencirte Pflanze, doch mit Geschlechtsorganen; dagegen fehlten die Geschlechtsorgane auf dem Protonema, an das man allenfalls das Prothallium hätte anreihen können. Wie viel einfacher wird das Verhältniss, wenn wir uns entschliessen die Farne an die in Axe und Blatt differencirten, geschlechtliche Laubmoospflanze anzuknüpfen, wir Sporogonium und Protonema der letzteren uns weggefallen denken, dagegen annehmen, dass beim Uebergang zu den Farnen eine Spaltung der Axen-Blatt-Pflanze insofern erfolgte, als der die Geschlechtsorgane tragende Theil sich auf dem jüngsten Entwickelungszustande zu einem selbständigen Gebilde individualisirte. Durch weitere Anpassung an die neuen Verhältnisse mag diess Gebilde dann die bekannte Prothallium-Gestalt angenommen haben, während andererseits die Anfangszellen zu diesem neuen Entwickelungs-Gliede auf der Axen-Blatt-Pflanze in immer grösserer Zahl erzeugt und in besondere Behälter aufgenommen wurden.

Man verzeihe mir diese rein hypothetische Behandlung, die ja nur ein Versuch sein soll, dieses schwierige Gebiet der Erkenntniss zugänglich zu machen. Vielleicht dürfte durch denselben doch diese oder jene neue Frage der speciellen Forschung aufgeworfen und somit auch ihre Beantwortung angeregt werden. —

Wie eine Spaltung und Individualisirung bestimmter Glieder eines Entwickelungskreises vor sich gegangen sein mag, könnnen wir ausserdem immer noch an den Fällen sehen, wo, wie bei den schon erwähnten Bulbillen, einzelne Theile der Pflanze abgeworfen werden und zu selbständigen, physiologischen Individuen auswachsen. Solche Fälle sind zunächst noch keine Strophogenesis, wenn die so erzeugten Individuen nur Wiederholungsgebilde sind, so dass auch ohne ihre Hilfe, der ganze Entwickelungskreis durchlaufen wird. Auch möchte ich nicht von Strophogenie bei der Sprossfolge der höheren Pflanzen sprechen und zwar nicht weil hier die zum Durchlaufen des ganzen Entwickelungscyclus nothwendiger

Glieder in Verbindung bleiben [1]). Treten solche Glieder aber aus dem Zusammenhange, werden sie zu selbständigen physiologischen Individuen, so haben wir sofort auch echte Strophogenie vor uns [2]).

Mit diesen Andeutungen muss ich mich hier begnügen, lasse es überhaupt dahin gestellt, ob durch dieselben alle Fälle des s. g. Generationswechsel's im Pflanzenreich erschöpft werden, im Thierreiche verdankt derselbe sicher sehr mannigfaltigen Vorgängen seine Entstehung. Doch hiermit wollte ich überhaupt nur diese schwierige Frage angeregt haben.

Eine ebenso grosse Bedeutung wie für die morphologische Forschung kommt der phylogenetischen Methode auch für die physiologische zu. Mit ihrer Hilfe allein ist ein tieferer Einblick in die Lebensvorgänge zu gewinnen. Wenn wir die Ideen der Lebenskraft und dergleichen ähnliche, immer wieder in den biologischen Wissenschaften auftauchen sehen, so wird diess allein verschuldet durch das geringe Verständniss, welches man so oft noch der phylogenetischen Methode entgegen bringt. Dieselbe operirt mit einem Momente, das nur selten in seiner vollen Tragweite gewürdigt wird: mit dem Momente der Erblichkeit. Die Erblichkeit beruht aber in der Fähigkeit, welche das Protoplasma besitzt, die Eigenschaften der Vorfahren auf die Nachkommen zu

1) Haeckel l. c. S. 107 bezeichnet diesen Vorgang als Generationsfolge und hat für denselben eigentlich die Bezeichnung: Strophogenesis gebildet.

2) Einen schönen Fall einer solchen gleichsam beginnenden Individualisirung einzelner Entwickelungsglieder bieten in anderer Beziehung einige mexikanische Cuscuta-Arten (Vergl. von Mohl, Bot. Zeit. 1870 Spalte 154) welche stengellos blühen. Man findet die behaarten, fingerdicken Stämme einer strauchartigen Triumfetta im Monate Februar mit kleinen Haufen, warzenartiger Körper bedeckt, welche mit ihrer verwitterten Farbe und schuppenförmigen, dachziegeligen Blättchen einem krankhaften Auswuchse des Strauches um so mehr gleichen, als der Stamm des letzteren überall, wo jene vorkommen, hervorstehende Anschwellungen besitzt, so dass man leicht versucht wird dieselben für eine durch Insektenstische veranlasste Missbildung zu halten. Nähere Untersuchung zeigt, dass es eine Art von Cuscuta ist. Die zusammengehäuften Blüthenknospen sind nämlich auf dem Triumfetta-Stamme mit tief in dessen Rinde eindringenden Saugwurzeln befestigt, und führen auf diese Weise ein isolirtes Blumenleben, indem der schlingende Stamm vor dem Blühen so gänzlich verschwindet, dass nur selten ein kleines Fragment des verwitterten Stengels an den Blüthenhaufen anhängend gefunden wird.

übertragen. Das Protoplasma ist es, dem diese Eigenschaft zukommt, denn mit einem Protoplasma-Klümpchen beginnt zunächst jedes Thier und jede Pflanze, ein Protoplasma-Klümpchen ist, was es zunächst von Vater und Mutter erhält.

Doch hier sei mir gestattet ein wenig zurückzugreifen, so weit als es für das Verständniss des Folgenden nöthig ist. Wir wissen, dass die organischen Stoffe aus denen der Körper der lebenden Wesen aufgebaut wird, durch eine complicirte, chemische Zusammensetzung ansgezeichnet sind, ausserdem zeigen sie eine Molecularstructur, die in ihren extremen Formen bedeutend von derjenigen anorganischer Körper abweicht. Diese Structur wird aus den physikalischen Eigenschaften erschlossen und sonach angenommen, dass diese Körper aus kristallinischen Moleculen aufgebaut werden, die von Wasserhüllen umgeben sind und so eine verhältnissmässig grosse Selbständigkeit besitzen.

Jedes Thier jede Pflanze sind des Wachsthum's fähig und dieses ist von dem Wachsthum der anorganischen Krystalle dadurch unterschieden, dass es durch Zwischenlagerung, letzteres nur durch Auflagerung neuer Molecule vor sich geht.

Im Krystall ist ein Eindringen neuer Molecule zwischen die schon fixirten nicht möglich, daher nimmt derselbe nur durch Apposition an Grösse zu, der organisirte Körper wächst dagegen durch Intussusception in seiner ganzen Masse. Durch Vermittelung der Wasserhüllen können immer neue Substanztheilchen zwischen die schon vorhandenen Molecule des Körpers eindringen, hier zum Wachsthum der einzelnen krystallinischen Molecule (durch Apposition) beitragen, oder zu neuen Moleculen zwischen den schon vorhandenen auskrystallisiren.

Die einfacheren, chemischen Verbindungen, die in den Bau des anorganischen Krystall's eingehen, sind, ihrer Natur nach, viel stabiler als die complicirteren der organischen Körper und daher sind letztere auch in contionuirlicher Zersetzung und Umsetzung begriffen, was in dem ganzen Organismus die Möglichkeit continuirlicher Veränderung, einer fortgesetzten Bewegung bedingt. Dann kommt endlich noch hinzu, dass dem complicirtest gebauten der organisirten Stoffe: dem Protoplasma die Fähigkeit zukömmt zu assimiliren, d. h. gewisse Verbindungen in andere, dem Organismus verwandte, überzuführen und so seine Masse zu vergrössern.

Dieses nur flüchtige Bild soll uns an die complicirten molecularen Vorgänge innerhalb der „lebenden" Körper mahnen, an denen wir dem entsprechend complicirte Vorgänge sich abwickeln

sehen. — Durch die Fähigkeit des Wachsthums ist zunächst auch die Möglichkeit der Entwickelung gegeben und zwar sowohl die ontogenetische Entwickelung, die sich an individuellem Wachsthum abspielt, als auch die phylogenetische, welche durch das Wachsthum über das individuelle Maass hinaus, das wir Fortpflanzung nennen [1]), ermöglicht wird.

Wie nun mit dem Wachsthum die Entwickelung fortschreitet und nach einander immer neue, morphologische Glieder in die Erscheinung treten, so differenziren sich in dem Maasse, auch die zunächst im Ei nur latent vorhandenen Eigenschaften, und treten uns in einer immer grösser werdenden Summe entgegen.

Es gilt für die physiologische Entwickelung ganz das nämliche wie für die morphologische und ist der Unterschied zwischen Beiden nur durch die Fragestellung gegeben, indem wir in der Morphologie zunächst nur bemüht sind eine Gestalt aus der anderen abzuleiten ohne Rücksicht auf die physikalischen Ursachen der Gestaltung, hier aber nach den physikalischen Ursachen der uns entgegentretenden Eigenschaften (auch derjenigen welche die Gestaltung veranlasst haben) fragen. Wie die morphologische Entwickelung des Individuum's eine kurze Wiederholung seiner morphologischen Vergangenheit ist, so muss auch die physiologische es sein, und wie die erstere nachträglicher Verkürzung und Verkümmerung fähig ist, so auch die letztere, hängen ja schon beide aus dem Grunde unmittelbar zusammen, als jede Gestalt-Aenderung durch physikalische Ursachen bedingt werden muss und letztere ja in das Gebiet der Physiologie gehören. So könnten also die früher vorgeführten morphologischen Beispiele auch an dieser Stelle gelten, doch greife ich noch zu einigen prägnanteren, die mir besonders geeignet scheinen auch von physiologischer Seite das ganze phylogenetische Bild zu beleuchten.

Die Stellungsverhältnisse der Blätter oder richtiger gesagt, der Ort ihres Auftretens am Vegetationskegel des Stammes wird durch Raumverhältnisse bedingt. Die Raumverhältnisse, wenn wir zunächst von allem Anderen abstrahiren, bestimmten die mechanischen Vorgänge, welche zur Bildung der Blätter führen. Wir wählen als Beispiel den einfachsten Fall, wo je zwei Blätter in gleicher Höhe am Stamm genau um 180° von einander entfernt angelegt werden. Sind zwei solche Blätter oben am Vegetations-

---

1) Diese Definition der Fortpflanzung rührt von Haeckel her. Gen. Morph. II S. 171.

kegel entstanden und sollen nun zwei neue gebildet werden, so ist es klar, dass der meiste Raum für diese letzteren an den zwei, mit den ersteren sich kreuzenden Stellen vorhanden sein wird. So sehen wir denn auch oft in der That die beiden, neuen Blätter in solcher Stellung auftreten. Auf diese zwei Blätter folgen wiederum zwei mit denselben alternirende u. s. w.

Aus dem nämlichen Grunde wie in dem eben angeführten Beispiel sehen wir auch am Zweiganfang der Coniferen die ersten beiden Blätter transversal gestellt, weil rechts und links der meiste Raum am Vegetationskegel für ihr Auftreten vorhanden war, während hinten und vorn die Knospe an ihr Deckblatt und an ihre Mutteraxe anlehnte. Das erste transversale Blattpaar der Knospe bestimmt dann, bei rein transversaler ($^1/_2$) Stellung, meist das Auftreten eines zweiten, medianen, d. h. vorn und hinten gestellten mit dem ersten Paar alternirenden Blattpaares. Man könnte in den beiden Beispielen die Ursache, welche die Blattstellung bestimmte, als noch in ihrer ursprünglichen Reinheit erhalten ansehen. Doch ist das letztere nicht immer der Fall. An der männlichen Blüthe von Ephedra z. B. tritt das erste Blattpaar, gegen die Regel, statt transversal, median auf, ungeachtet doch die Raum-Verhältnisse die nämlichen wie bei den eben geschilderten Achselknospen geblieben sind. An der männlichen Blüthe einer naheverwandten Pflanze: der Welwitschia ist dann auch ein erstes transversales Blattpaar vorhanden und so zeigt denn der Vergleich: dieses erste Blattpaar müsse auch bei Ephedra ursprünglich vorhanden gewesen sein und das Auftreten des jetzt als erstes sich zeigenden, medianen Blattpaares erst bestimmt haben. Hier sind uns somit die Ursachen, welche die Blattstellung veranlasst haben nur noch in verkürzter, lückenhafter Weise erhalten. Endlich sind nicht selten für die Blüthenentwickelung Fälle verzeichnet worden, wo zwei aufeinanderfolgende Blatt-Wirtel statt abzuwechseln, scheinbar gegen das Raumgesetz der Blattstellung, vor einander auftreten und erst nachträglich ein s. g. intercalarer Wirtel, der mit den beiden superponirten Wirteln alternirt zwischen dieselben eingeschoben wird.

Ich meine dieser Wirtel dürfte ursprünglich, wohl in den meisten Fällen, in gewöhnlicher Reihenfolge, seiner Stellung gemäss, entstanden sein, dem entsprechend auch die Superposition der beiden jetzt gleich aufeinanderfolgenden Wirtel, nach den gewöhnlichen Raumgesetzen der Blattstellung bestimmt haben und erst nachträglich in der Zeitfolge seines Auftreten's „verschoben“

worden sein. Wir haben es hier mit einer ganz ähnlichen Erscheinung wie bei der Entwickelung des früher geschilderten monocotylen Keimes zu thun und könnten hier also auch von einer Verfälschung der ursprünglichen Ursachen sprechen, welche die Blattstellung bestimmen.

Diese Beispiele gewähren uns dann aber auch einen tieferen Einblick in das Wesen der Erblichkeit, welche sich befähigt zeigt Wirkungen zu erhalten und in der ontogenetischen Entwickelung stets wieder zur Erscheinung zu bringen, deren Ursachen in der Vergangenheit liegen. Wirkungen, die in der Vergangenheit eine ausser ihnen liegende mechanische Ursache gehabt, die jetzt aber scheinbar spontan, d. h. als ererbte Eigenschaften in die Erscheinung treten. Die Aufeinanderfolge in dem Auftreten dieser Eigenschaften ist aber denselben Gesetzen wie diejenige beim Auftreten der morphologischen Gliederung unterworfen; sie erscheinen in der individuellen Entwickelung (von etwaigen späteren Verschiebungen abgesehen) um so später, je später sie in der phylogenetischen Entwickelung erworben worden sind.

Die Physiologie steht, so lange sie sich an den Organismus, wie er jetzt gegeben, ausschliesslich hält einem Unbekannten gegenüber, dass es zwar von erster und fundamentaler Wichtigkeit ist in allen seinen Beziehungen zu den elementaren Einflüssen, zu erforschen, das aber trotzdem, als solches, stets ein Unbekanntes bleibt [1]), so lange wir nicht die phylogenetische Methode an dasselbe anlegen. — Freilich wird die Forschung hier auf ungeheure, oft unüberwindliche Schwierigkeiten stossen, doch es ist schon sehr viel gewonnen, wenn wir uns nur überhaupt der richtigen Aufgabe bewusst werden. Die Pflanze ist vom physiologischen Standpunkte aus betrachtet eine Summe von ererbten physikalischen Wirkungen ebenso wie ihre Gestalt (abgesehen von den physikalischen Ursachen derselben) eine Summe vererbter Formänderungen ist. Auch für die Physiologie dürfte also die Aufgabe sein, diese physiologische Summe in ihre einzelnen, ererbten, physikalischen Factoren zu zerlegen. Würde dieses gelingen, so wäre der Organismus auf seine mechanischen Ursachen zurückgeführt. Seine Eigenschaften würden sich dann allgemein physikalischen Gesetzen unterordnen lassen, während zunächst nur von physiologischen Ursachen gesprochen werden kann, die als eine Summe von Wirkungen auf die elementaren Einflüsse in

1) Vergl. auch Sachs Lehrbuch III. Aufl. S. 681.

einer Weise reagiren, die oft von rein physikalischen Reactionen ganz verschieden scheint. Wir begnügen uns dann empirisch die Reaction festzustellen und zu verzeichnen, ohne die letzten physikalischen Ursachen derselben angeben zu können.

Diejenigen Methoden, welche die Physiologie einer phylogenetischen Behandlung zugänglich machen, sind aber die nämlichen, die uns auch in der Morphologie zum Ziele führten. Auch hier gilt es zunächst vergleichend im phylogenetischen Sinne zu Werke zu gehen, dann auch die einzelnen Entwickelungszustände der Organismen in physiologische Untersuchung zu ziehen, weiter noch diese Untersuchung auf allé, auch die einfachsten Organismen auszudehnen, endlich auch die mechanischen ob unmittelbar oder mittelbar wirkenden Ursachen der neu auftretenden, erblich werdenden Veränderungen zu verfolgen. Die auf den genannten Gebieten, mit Berücksichtigung der Erblichkeit bereits angestellten Untersuchungen lassen für eine phylogenetische Behandlung der Physiologie schon das Beste hoffen und dürften bald auch noch weitere werthvolle Untersuchungen anregen.

Auf merkwürdige Abwege müssen freilich diejenigen gerathen, welche glaubten, auch ohne Inhülfenahme der Erblichkeit ein Thier oder eine Pflanze rein mechanisch aus unmittelbar wirkenden Ursachen erklären zu können. Sie gaben dann mechanische Deutungen, die bei näherer Betrachtung meist nichts weniger als solche sind.

Das Merkwürdigste in dieser Beziehung ist vor Kurzem von einem Anatomen auf dem Gebiete der thierischen Entwickelungsgeschichte geleistet worden [1]). Derselbe hebt zunächst hervor, „dass alle Bildungen organischer Körper auf einem stetigen Wachsthum beruhen und glaubt nun die ganze „Entwickelungsgeschichte" mechanisch beleuchten zu können. Es geht zunächst Alles ausserordentlich einfach vor sich: „Der Keim der Wirbelthiere, schreibt er, ist zunächst ein flaches, blattförmiges Gebilde: das Wachsthum dieses Gebildes erfolgt nicht überall mit gleicher Energie; es schreitet in den centralen Theilen racher als in den peripherischen vor und die nothwendige Folge ist, dass sich an demselben Falten bilden müssen; mit dieser Faltung tritt dann die erste fundamentale Gliederung, der Keimscheibe ein. — Nicht nur die Abgrenzung von Kopf und Rumpf, von links und rechts, nein auch die Anlage der Glied-

---

1) Ueber die Bedeutung der Entwickelungsgeschichte für die Auffassung der organischen Natur, von His, 1870.

maassen, sowie die Gliederung des Gehirnes, der Sinnesorgane, der primitiven Wirbelsäule, des Herzen's und der zuerst auftretenden Eingeweide, lassen sich mit dringender Nothwendigkeit als mechanische Folgen der ersten Faltenentwickelung demonstiren[1]).

Mit dieser einfachen Faltentheorie dürfte sich freilich kaum Jemand, der die Objecte um die es sich hier handelt aus eigener Anschauung kennt, befriedigt fühlen, doch, abgesehen davon, wird hierbei ja ganz ausser Acht gelassen, dass die Wachsthums-Erscheinungen, durch welche die Faltungen hervorgerufen sein sollen, auch einer Erklärung bedürfen. Wenn die Faltenbildung am Keim auch wirklich eine mechanische Folge ungleicher Wachsthums-Intensität ist, so müsste doch zunächst erwogen werden, warum an der einen oder der anderen, (doch stets an der nämlichen) Stelle des Keimes, das Wachsthum intensiver als an den übrigen Stellen ist, und hierfür dürften sich doch wohl kaum andere als phylogenetische, d. h. ererbte Ursachen anführen lassen. Ein Vogel-Embryo wächst eben anders als ein Säugethier - Embryo und kein mechanischer Einfluss ist im Stande den einen in den anderen zu überführen, vielmehr wird ihre Entwickelung aus rein inneren, ererbten Ursachen so oder so bestimmt, je nachdem sie von diesen oder jenen Eltern abstammen.

Wir verbleiben somit bei unserer, wenn auch weniger einfachen Auffassung, die ja auch eine mechanische Deutung für die Lebensvorgänge zu gewinnen sucht — doch, wie wir meinen, auf etwas anderer Grundlage.

Wir haben der ganzen vorliegenden Betrachtung die Descendenztheorie zu Grunde gelegt, ohne Rücksicht zunäscht auf diejenigen, die noch immer nach Beweisen für diese Theorie verlangen. Wir sehen dieselbe als bewiesen an, wobei wir aber nochmal hervorheben, dass zwischen Descendenz- und Selections-Theorie wohl zu scheiden ist, dass die erstere nur eine „Entwickelung" der organischen Welt behauptet, letztere hingegen die Principien behandelt, welche diese Entwickelung bestimmten. Nun lässt es sich wohl, wie schon gesagt, darüber streiten, ob die von Darwin aufgestellten Principien hinreichen, um die Entwickelung der Welt zu erklären, eine Entwickelung der Welt überhaupt, ist uns aber, nach dem heutigen Stand unserer Erkenntniss sicher.

---

1) His l. c. S. 31.

Die ganze obige Erörterung ist aber nur auf die Descendenztheorie nicht auf die Selectionstheorie basirt. Nicht verschweigen möchte ich freilich, dass ich zu denjenigen gehöre, die auch den eigentlichen Darwinismus als sicher begründet ansehen und in dem von Darwin aufgestellten Princip der Selection, so nicht alle doch einen der wichtigsten Motoren der fortschreitenden Entwickelung erblicke. Bis jetzt reicht derselbe für die Erklärung der meisten Entwickelungsvorgänge aus und viele der eingewandten Fälle, die scheinbar nach anderen Erklärungsprincipien verlangen, dürften sich noch mit der Zeit dem, nur weiter gefassten Selectionsgesetz unterordnen lassen. Beispielweise lässt auch der in „einer kritischen Beleuchtung der Philosophie des Unbewussten" (S. 9 u. f.) gemachte Einwand, der dem ungenannten Autor, sehr schwer zu wiegen scheint: dass das Entstehen gewisser Eigenschaften, die erst in ausgeprägter Form dem Organismus zu Gute kommen können, sich durch die Selectionstheorie nicht erklären lasse, da ja letztere verlange, dass jede der minimalen Individualabweichungen schon nützlich sei, um sich erhalten zu können — noch einen Ausweg offen, den man einschlagen kann ohne den Boden der Selectionstheorie zu verlassen. Es kann nämlich auch eine zunächst gleichgiltige Eigenschaft als Correlationswirkung mitgeführt und durch Verstärkung des Correlats auch so verstärkt werden, dass sie in dem Augenblicke, wo sie etwas in Züchtung genommen wird schon als ein sehr ausgeprägter Charakter vorhanden ist. So finden wir z. B. den Zapfen vieler Abietineen zur Blüthezeit auffallend purpurroth gefärbt und doch ist diese so prägnante Eigenschaft ohne allen Nutzen für die Pflanze. — Bei den höheren Phanerogamen, den eigentlichen Blüthenpflanzen, die durch Vermittlung der Insekten bestäubt werden, sind die farbigen Hüllen um die Geschlechts-Organ gezüchtet worden, weil sie den Insekten in die Augen fallen, dieselben gleichsam anlocken und so bei der Bestäubung von Nutzen sind. Doch die Abietineen werden mit Hilfe des Windes bestäubt; die intensiv rothe Färbung ihrer Zapfen ist eine reine Correlations-Wirkung, nur dadurch hervorgerufen, dass als Nebenproduct des erhöhten Stoffwechsels zur Blüthezeit, rother Farbstoff in den Zapfen erzeugt und angehäuft wird. Hier haben wir also den Fall einer prägnanten Correlations-Eigenschaft vor uns, freilich nur chemischer Art; allein die Correlationswirkungen kommen ganz in derselben Weise auch bei den Gestaltungsvorgängen zur Geltung, wie dieses Darwin bereits an zahlreichen Beispielen namentlich im 25. Capitel seiner

Domestication gezeigt hat. Der Einwand, dass die Entstehung solcher Eigenschaft, die erst in ausgeprägter Form dem betreffenden Organismus zu Gute kommen konnten, sich durch die Selectionstheorie nicht erklären lasse, weil ja diese verange, dass jede der noch so geringen individuellen Abweichungen schon von Nutzen sei, um gezüchtet werden zu können, wäre also dahin zu präcisiren, dass die Möglichkeit der Entstehung auch solcher Eigenschaften sehr wohl durch Correlation gegeben sei, dass aber freilich die natürliche Zuchtwahl nicht direkt, sondern indirekt die Correlationseigenschaften beeinflusst, indem sie nicht diese selbst sondern ihre Correlata züchte.

Ich habe es absichtlich vermieden, durch die obige Erörterungen gewonnenen Resultate ohne Weiteres auch auf die Entstehung der Mimicry, deren Erklärung dem Autor der kritischen Beleuchtung der Philosophie des Unbewussten, besonders schwierig scheint, anzuwenden, auch lasse ich dahingestellt in wie weit die hier gewonnenen Gesichtspunkte hinreichen um diese und andere noch schwierigere Probleme der Selectionstheorie zu lösen, immerhin dürften sie bei der künftigen Deutung solcher Fälle nicht ganz ausser Acht zu lassen sein.

Wie man sich der Descendenztheorie gegenüber auch verhalten mag, so lässt sich doch die Thatsache nicht bestreiten, dass bereits unter dem Einflusse derselben, die biologischen Wissenschaften, in ganz neue Bahnen getreten sind. Dieser ihrer neuesten Entwickelung durch die Descendenztheorie verdanken die Naturwissenschaften nunmehr auch den Einfluss, den sie auf alle Gebiete des menschlichen Denken's auszuüben beginnen. Mit Spannung folgt die ganze geistig geweckte Welt heute ihren Fortschritten und die auf naturwissenschaftlicher Basis entwickelten phylosophischen Systeme erfreuen sich einer beispiellosen Theilnahme. Dieses Bewusstsein ist es auch, dass uns zu immer neuer Thätigkeit begeistert und wenn wir Wochen und Monate der mühsamsten Erforschung einer einzelnen scheinbar noch so untergeordneten Thatsache opfern müssen, so regt uns doch ununterbrochen der Gedanke an: es handle sich hier um die Fundamente auf denen der höchste Bau sich aufzurichten habe, gelte es daher dieselbe fest und bis in die kleinsten Theile hinein gleich sicher zu legen.

Und voran leuchtet uns der Goethe'sche Wahlspruch:

„Willst Du in's Unendliche schreiten
Geh' im Endlichen nach allen Seiten!"

Ueber Scolecopteris elegans Zenk.,

einen fossilen Farn aus der Gruppe der Marattiaceen.

(Mit Tafel II. und III.)

Von

Dr. Eduard Strasburger.

In der Grossherzoglichen Petrefactensammlung zu Jena fiel mir vor kurzem ein tafelförmig geschliffenes Chalcedonstückchen auf, das verkieselte Pflanzentheile von auffallend schöner Erhaltung enthielt und daher auch den Wunsch in mir rege machte, es näher zu untersuchen. Das Täfelchen wurde mir von dem Director der Sammlung Herrn Hofrath Prof. E. E. Schmid, bereitwilligst zur Verfügung gestellt, und mir sogar gestattet von einem Theile desselben einen Dünnschliff anfertigen zu lassen. Ein solcher wurde denn auch in vorzüglichster Weise in der optischen Werkstatt des Herrn Universitäts-Mechanicus Zeiss hierselbst ausgeführt. Es zeigte sich alsbald, dass das fragliche Chalcedonstück bereits ein Mal von F. C. Zenker zum Gegenstande einer eingehenderen Untersuchung erwählt worden war, und dass er dasselbe in der Linnaea von 1837 (Bd. XI S. 509) beschrieben und auf Tab. X abgebildet hatte. Zenker erkannte auch richtig, dass die eingeschlossenen Pflanzenreste einem Farne, wohl einer Marattiaceae angehörten, und nannte er dasselbe Scolecopteris (von σκώληξ, die Made) der madenförmigen Figuren wegen, welche es auf der geschliffenen Platte bildete. „Bei näherer Betrachtung“ schreibt er (a. a. O. S. 509), „erwiesen sich die angeblichen Maden als Quer- und Längendurchschnitte von, in eine weisse Kieselmasse umgewandelten Farnblättern, mit umgerolltem Rande und meist vollkommen erhaltenen Kapselhäufchen auf deren Unterseite. Die gegen 1—2 Linien langen und 1/2 Linie breiten linienförmigen, oben abgerundeten, an der Basis abgestutzten, abwechselnd stehenden, fast sitzenden, mit rückwärts gerolltem Rande versehenen Blättchen zeigen einen scharf markirten Mittelnerv mit, wie es

scheint, einfachen von demselben unter einem sehr spitzigen Winkel abgehenden Seitennerven, welche an den meisten in die zweireihigen Kapselhäufchen endigen. Einzelne losgelöste scheinbar jüngere Blättchen hatten einen deutlich gezähnelten Rand in dessen Zähne Seitennerven auszulaufen schienen. Auf der Rückseite der anderen Blättchen entspringen die aus 4 oder 5 einzelnen, eilanzettförmigen, spitzigen und längsgespaltenen Käpselchen bestehenden und mit einem kurzen gemeinschaftlichen Stiele versehenen Kapselhäufchen. Auf dem Querschnitte . . . stellt sich immer mehr heraus, dass nicht etwa ein solches Kapselhäufchen im Grunde nur eine einzige, aber in viele Klappen aufspringende Kapsel sei, sondern dass es wirklich seinen Ursprung einer Zusammenhäufung mehrerer freilich auf gemeinschaftlichem Stiele befindlicher Kapseln verdanke. So scheint zwar diese Gattung", schreibt Zenker weiter, „den genn. Gleichenia und Platyzoma R. Br. nahe zu stehen, jedoch nicht zu den Gleicheniaceae gerechnet werden zu müssen, sondern eher den Marattiaceen sich anzuschliessen oder wohl eine eigenthümliche Tribus zu begründen. Dass aber sämmtliche Blätter und Theile auch wirklich einem baumartigen Farngewächse mit vielfach zusammengesetzten Blättern angehören, kann nicht in Zweifel gestellt werden, und leicht kommt man auf die Vermuthung, ob sie nicht zu den sogenannten Staarensteinen gehören möchten, welche bekanntlich nichts anderes als die versteinerten Farnstämme oder Mittelstöcke baumartiger Farngewächse darstellen. Dieses gewinnt um so mehr an Wahrscheinlichkeit, als beide aus denselben oder doch ganz naheliegenden Gebirgsstraten (Porphyrgebirge und Todtliegendes) erhalten werden."

Schliesslich sei noch der Vollständigkeit wegen hinzugefügt, wie Zenker das Aussehen des ganzen Chalcedonstückchens schildert (a. a. O. S. 511): „Die eigentlichen Gewächstheile sind meist in eine weisse opalähnliche Masse umgewandelt und daher undurchsichtig, während die mehr oder minder durchscheinende braunröthliche Chalcedonmasse die Zwischenräume erfüllt. Das Ganze hat daher das Ansehen, als wären porcellanähnliche Gewächstheile in einen durchscheinenden gelbröthlichen etwas braunen Lack eingeknetet worden. Weil ferner jene weisse Masse mancherlei Nuancen wahrnehmen lässt, so kann man ziemlich deutlich das Parenchym der Blätter von ihren Adern und Nerven, die Kapseln und ihren Inhalt u. s. w. unterscheiden."

Ich bin auf die Zenker'sche Schilderung ausführlich eingegangen, um dem entsprechend an der eigenen Beschreibung sparen

zu können. Dass aber eine erneuerte Untersuchung durch diese ältere nicht überflüssig gemacht worden, lehrten mich schon die ersten Betrachtungen der jetzt angefertigten Dünnschliffe. Zenker hatte die geschliffene Platte nur bei auffallendem Lichte und ganz schwacher Vergrösserung untersucht; seine Zeichnungen, die nur die allgemeinen Contouren des Gesehenen bringen, geben hiervon Zeugniss. Die Dünnschliffe zeigten nunmehr, dass der Erhaltungszustand dieser verkieselten Pflanzentheile ein solcher sei, dass er eine vollständige histologische Untersuchung derselben zulasse.

Oft konnte man meinen, frisch dargestellte Querschnitte noch lebender Pflanzentheile vor sich zu sehen! Ich hatte bisher nicht Gelegenheit gehabt, mich eingehender mit paleontologischen Untersuchungen zu befassen und zunächst hatte ich auch hier nur die Absicht, mich zur eigenen Belehrung über das Object zu orientiren Der so vorzügliche Erhaltungszustand fesselte mich aber an demselben, und bald gewährte es mir einen wahren Genuss, mich in die feinsten Details einer so lang verflossenen Schöpfung vertiefen zu können. Ja wären alle fossilen Organismen so vollkommen wie dieser erhalten, liessen sich die Untersuchungen derselben auch sonst noch häufig mit derselben Sicherheit, wie in eben diesem Falle, führen, so würde die Paleontologie mit noch ganz anderem Gewichte in die Entwickelung der biologischen Wissenschaften eingreifen können! —

Die Farnblättchen unseres Untersuchungsobjectes waren nach allen Richtungen hin durch die Chalcedonmasse zerstreut und so fanden sich denn auch alle möglichen Durchschnitte derselben in einem einzigen Dünnschliffe vereinigt; ausserdem liess auch die ursprüngliche Platte, bei auffallendem Lichte, die Anwendung stärkerer Vergrösserung zu, so dass meine Tafeln nunmehr so detaillirte Bilder einzelner Theile der Zenker'schen Scolecopteris elegans bringen, wie man dieselben für einen lebenden Farn kaum vollständiger verlangen könnte. Zunächst zeigt Fig. 1 auf Taf. II einen ziemlich grossen Blatttheil, den grössten den ich auf der Tafel noch zusammenhängend vorgefunden, bei nur schwacher Vergrösserung (10 Mal). Die Zenker'sche Beschreibung passt auch auf denselben. Wir sehen ihn hier von der Unterseite, die Blättchen fast vollständig von den dicht gedrängten Sori bedeckt. Der Schliff hat die oberen Theile der Sori entfernt, sie erscheinen daher im Durchschnitt, manche etwas undeutlich, die meisten jedoch ganz vollkommen erhalten. Die Sori sind eben so häufig 4- als auch 5fächerig. Sie lassen nur den Mittelnerv der Blättchen

frei und scheinen bis an den Rand derselben zu reichen, doch erreichen sie ihn nicht in Wirklichkeit, da dieser Rand wie Fig. 9ᵃ und 9ᵇ zeigt, stark nach unten umgeschlagen ist. Diese Umbiegung zeigt auch die Spitze der Blättchen. Sie scheint nicht erst beim Welken des Blattes eingetreten zu sein, sondern auch den frischen Zustand desselben ausgezeichnet zu haben, da, wie Fig. 1 lehrt die Blättchen so dicht an ihrem gemeinsamen Stiele inserirt sind, dass der Platz für eine seitliche Ausbreitung ihrer Ränder fehlen würde. Eine so starke, nachträgliche Verkürzung des Blattstieles beim Welken, wie sie nach Fig. 9 zu urtheilen, hier eingetreten sein müsste, um secundär ein solches Zusammenrücken der Blättchen zu bewerkstelligen, ist auch nicht denkbar. Auch glaube ich nicht, dass die Blättchen sich etwa ursprünglich mit ihren Rändern gedeckt hätten, weil auch dann die Raumverhältnisse kaum eine solche Einrollung, wie sie in der Fig. 9 verzeichnet und wie ich sie auch sonst constant auf allen Querschnitten gesehen, zugelassen hätten.

Unsere Fig. 2 ergänzt die erste Abbildung, nur ist die Schliffläche dem Blättchen noch näher gekommen, so dass die Sori bis auf einen von demselben entfernt wurden. Gestalt, Insertion und Nervatur der Blättchen lassen sich hier besonders klar verfolgen. Einen gezähnten Rand, von dem Zenker spricht, habe ich an den Blättchen nie feststellen können.

Als Ergänzung zu Fig. 1 mag auch die Fig. 3 dienen, die dem Dünnschliff entnommen und bei durchfallendem Lichte und zwar derselben schwachen Vergrösserung (10 Mal) wie die beiden vorhergehenden Figuren gezeichnet ist. Sie zeigt auf zwei ziemlich vollständig erhaltenen Blättchen, besondere schöne Soridurchschnitte. Ueber den Bau der einzelnen Sori und ihre Insertion auf dem Blatt kann uns erst eine eingehendere Betrachtung der Längsdurchschnitte belehren. Zur ersten Orientirung genügen übrigens die schon citirten, nur schwach vergrösserten Durchschnitte 9ᵃ und 9ᵇ. Die beiden Blättchen hatten senkrecht zur Schliffebene gestanden und zeigen dem gemäss den reinsten Querschnitt: senkrecht zu ihrer Längsaxe. Die Sori hingegen den reinsten Längsschnitt. Sie verrathen auf den ersten Blick die Verwandtschaft der Scolecopteris zu den Marattiaceen. Ein Längsschnitt durch einen Sorus von Marattia (Vergl. Fig. 22 Taf. III.) sieht kaum anders aus. Auf gemeinsamem Stiele vereinigt sitzen die Sporangien, die wir eben im Querschnitt gesehen, sie weichen aus gemeinsamer Basis nach dem Scheitel zu auseinander, und laufen

hier eine jede in eine ziemlich scharfe Spitze aus. Wo der Schliff den Sorus rein halbirt, sind nur zwei Fächer desselben (ein Fach rechts und eins links) zu sehen, wo der Schliff mehr an der Peripherie des Sorus verblieb, erscheinen meist drei Fächer, indem sich noch ein oberes zu den beiden seitlichen gesellt. An diesen Querschnitten ist auch zu sehen wie bedeutend der Vorsprung auf der Unterseite des Blattes an Stelle des centralen Nervens ist; der umgebogene Rand des Blattes läuft gleich zart zu beiden Seiten aus (Fig. 9ᵃ u. 9ᵇ). Dieses Alles finden wir schon bei auffallendem Lichte und nur schwacher Vergrösserung an dem geschliffenen Täfelchen. Doch nun gehen wir zu der Betrachtung des Dünnschliffes über, der durchsichtig genug ist, um auch die Anwendung der allerstärksten Immersionssysteme zu gestatten. Zunächst wollen wir die Figuren 4 und 5 Taf. II uns näher betrachten, dieselben sind bei 100facher Vergrösserung entworfen; beide stellen fünffächrige Sori vor, doch ist in Fig. 4 der Sorus tiefer, in Fig. 5 höher durch die Schliffläche getroffen; in Fig. 4 hängen die Sorusfächer noch alle seitlich und mehr oder weniger auch in der Mitte zusammen, in Fig. 5 sind die Fächer in der Mitte frei und heben sich zum Theil auch seitlich von einander ab. Dieses Verhalten verriethen mir auch alle anderen sonst untersuchten Querschnitte und lehrten mich somit, dass die Sorusfächer der Scolecopteris an der Basis völlig verschmolzen sind, nach der Spitze zu sich aber mehr oder weniger von einander befreien. Die Zellen der Soruswandung waren, wie die beiden Figuren lehren, fast an allen Orten genau nachzuzeichnen. Diese Wandung liess sich somit als der Hauptsache nach zweischichtig (selten einschichtig) erkennen. In einzelnen Fächern war noch eine, von sehr zarten, schwach verdickten, und stark gequollenen Zellen gebildete innerste Schicht nachzuweisen. Die Zellen der durchgehend erhaltenen äussersten Schicht, an der Peripherie des Sorus waren meist isodiametrisch ziemlich stark verdickt, ihre Aussenwand cuticularisirt und von gelbbrauner Farbe. Diese Farbe zeigen auch sonst die reifen Sporangien der Farne; so scheint es, dass uns hier auch wirklich die ursprüngliche Färbung der Scolecopteris-Sori erhalten geblieben ist. Eine ähnliche Färbung, doch geringere Verdickung, zeigen die flachen Zellen der zweiten Schicht, wo eine solche noch nachzuweisen; zart und farblos erscheinen die wiederum mehr isodiametrischen Zellen der dritten Schicht. In Fig. 6 habe ich ein Stückchen solcher Wand noch stärker vergrössert (240 mal) abgebildet. Fig. 7 führt

uns endlich noch, eine einzige Zelle aus dieser Wand bei 520 Vergrösserung, mit Immersionssystem gesehen, vor. Es ist in der Membran dieser Zelle eine deutliche Schichtung zu erkennen; die äusseren cuticularisirten und gefärbten Schichten derselben, heben auch sonst in ihrem optischen Verhalten deutlich von der inneren, farblosen, stark gequollenen Verdickungsschicht ab. Die radial gerichteten, somit innern Seitenwände der Sorusfächer sind schwächer verdickt und in Folge dessen meist auch weniger vollkommen erhalten, immerhin lassen sie sich in Fig. 4 deutlich bis in die Mitte des Sorus verfolgen. In dieser Figur ist je eine Seitenwand den beiden benachbarten Fächern gemeinsam. In Fig. 5 sehen wir an mehreren Stellen die Sorusfächer seitlich auseinanderweichen und dem entsprechend die Seitenwände doppelt werden, ausserdem finden wir im Centrum des Sorus die Wandung der Fächer constant unterbrochen; es entspricht diese Unterbrechung dem Spalte, mit dem sich ein jedes Fach des Sorus nach dieser Stelle hin öffnet. Ueber den Bau des gemeinsamen Stieles des Sorus instruirt uns Fig. 8; derselbe ist hier im Querschnitt und zwar etwas über der Insertionsstelle der Fächer zn sehen. Er zeigt sich aus einem ziemlich lockeren, dünnwandigen Gewebe gebildet, im Centrum ist er von etwas englumigeren Zellen durchzogen, die aber nicht scharf abgegrenzt, vielmehr meist allmälig in die grösseren mehr peripherisch gelegenen Zellen übergehen. Auf der bei 100 maliger Vergrösserung abgebildeten Längsansicht Fig. 10 lässt sich auch an mehreren Stellen die ganze Gestalt der Soruswandungzellen in ihrer Flächenansicht verfolgen. Der gleich stark vergrösserte Längsschnitt Fig. 11 gewährt endlich noch weitere Einsicht in das Innere des Sorus; bei etwas tieferer Einstellung konnte man auch die Zellen der hinteren Wandung in beiden Fächern desselben sehen, und sind dieselben in die Figur mit eingetragen. Besonders schön erhalten war endlich das Gewebe in dem, in Fig. 12 Taf. III, abgebildeten Falle, der uns ein Theil des Blattes, den diesem aufsitzenden Sorusstiel, und die Basis der Fächer vorführt. Das Blatt wird unter der Ansatzstelle des Sorus von einem Gefässbündel durchzogen, dessen spiralig verdickten, etwas schräg durchschnittenen Gefässe hier deutlich zu erkennen sind. Der Sorusstiel selbst wird in seiner Längsaxe, von den, bei Besprechung des Querschnittes bereits erwähnten, engeren, etwas verdickten und meist deutlich porösen Zellen durchzogen, dieselben gehen seitlich, wie auch hier deutlich zu sehen, allmälig in die mehr peripherischen, durchschnittlich grösseren Zellen über.

Zur Zeit, da die hier in Frage stehenden Farnblättchen, in Kieselsäure haltiges Wasser hineinkamen, mögen ihre Sori schon völlig reif, entleert und dem entsprechend mit Luft angefüllt gewesen sein. Diese Luft ist theilweise im Innern der Fächer erhalten geblieben und füllt die zahlreichen feinen Risse, welche an diesen Stellen die Chalcedonmasse durchsetzen; diesem Umstand ist somit das dunklere Aussehen des Fächerinnern zuzuschreiben, in der Art etwa wie ich es in Fig. 5 angegeben. Sporen finden sich in den Fächern nur vereinzelt, hingegen zahlreich ausserhalb der Sori durch die ganze Chalcedonmasse zerstreut. „Täuscht ferner nicht Alles, schreibt Zenker l. c. S. 511, so können selbst die neben einigen dieser Kapseln befindlichen staubähnlichen Anhäufungen Keimkörner sein, was sich jedoch, trotz aller Vergrösserung, nicht vollkommen ermitteln lässt.“ Auf meinem Dünnschliff liess sich das Vorhandensein der Sporen nun mit aller Evidenz nachweisen, und konnte man dieselhen auf das Genaueste untersuchen. Die besonders schön erhaltenen Sporen zeigten sogar deutlich die sonst den Farnsporen eigenen, und mit ihrer tetraëdrischen Entstehungsweise zusammenhängenden drei Leisten auf einer ihrer Seiten Taf. III Fig. 13. Die Sporen waren röthlich-braun gefärbt, in der, den reifen Sporen der jetzt lebenden Farne auch sonst üblichen Weise, ihre Oberfläche erschien fein poroes; auffallend war zunächst ihre verschiedene Grösse, (wie diess auch Fig. 13 wo die sämmtlichen Sporen bei einer und derselben 520fachen Vergrösserung abgebildet sind zeigt), doch auch die einem und demselben Fache von Angiopteris entnommenen Sporen zeigen sehr auffallende Grössendifferenzen, indem nur ein Theil dieser Sporen zur normalen Entwickelung kommt. Ausserdem schienen die hier zur Beobachtung gekommenen Scolecopterissporen, theilweise desorganisirt zu sein, oft wie zerquetscht, ja selbst in einzelnen Körnchen aufgelöst. — Aus dieser Beschreibung der Scolecopteris, geht nun wohl ihre Stellung im System mit solcher Evidenz hervor, dass sie nicht länger die Stelle unter den „Filicinae incertae sedis,“ wo sie von Schimper in der Paléontologie végétale untergebracht worden, verdienen dürfte. Die Zenker'sche Scolecopteris elegans, gehört somit ihrer Sorusbildung nach sicher zu den Marattiaceen, und zwar schliesst sie, was die Gestalt der die Sori bildenden Sporangien anbetrifft zunächst an das Genus Marattia an; in der kreisförmigen Zusammenreihung dieser Sporangien nähert sie sich dem Genus Kaulfussia; darin endlich, dass die Sporangien in den oberen Theilen frei werden

dem Genus Angiopteris. In der Art des Oeffnens der einzelnen Sporangien, stimmt sie mit allen der drei genannten Gattungen, in vorzüglichster Weise aber wieder mit der Gattung Marattia, mit der sie entschieden auch im ganzen übrigen Bau der Sori die grösste Aehnlichkeit hat, überein. Was die Vertheilung der Sori auf dem Blatte anbetrifft, so zeigen hingegen die heut noch lebenden Marattiaceen eine entschiedene Abweichung von Scolecopteris; doch hierin unterscheiden sie sich auch so auffallend gegen einander, dass auf diesen Unterschied kaum ein Gewicht zu legen ist. Eine ganz ähnliche Vertheilung der Sori wie bei Scolecopteris, eine ganz ähnliche Grösse, so wie auch ein ganz ähnliches Verhältniss derselben zum Blatte, findet sich hingegen bei einem von Goeppert beobachteten und von demselben als Asterocarpus Sternbergii beschriebenen und abgebildeten fossilen Farne (Die fossilen Farnkräuter Breslau 1836, S. 188 und Taf. VI Fig. 1—4) aus der Steinkohlenzeit. Seine Fig. 2 l. c. erinnert durchaus (abgesehen etwas von dem grösseren Abstand der Fiederblättchen gegen einander) an unsere Fig. 7 von Scolecopteris, ja vielleicht dürften sich beide noch einmal als zu demselben Genus gehörend herausstellen, doch hierzu wäre noch eine eingehendere Untersuchung (wenn dieselbe möglich!) von Asterocarpus nöthig. Die für Asterocarpus vorliegenden Figuren geben nur eine schwach vergrösserte Aussenansicht der Unterseite des Wedels. „Die Fruchthäufchen“ von Asterocarpus Sternbergii schreibt Goeppert (l. c. S. 189) „nehmen die untere Seite des Fiederblättchens völlig ein, so dass Seitennerven nicht sichtbar werden. Sie scheinen durch Kapseln gebildet zu werden, die gemeiniglich zu 3—4, seltener zu 6, mit den Seiten an einander fast sternförmig befestiget sind, so dass das Ganze einer 3—6 fächerigen Kapsel nicht unähnlich ist.“ „Anderweitige Structur konnte ich nicht entdecken.“ Und dann weiter „wenn wir uns nach einem Analogon in der Jetztwelt umsehen, so bieten sich uns in der Gruppe der Gleichenieae und Marattiaceae verwandte Formen dar“. . . (zum Vergleich werden nunmehr angeführt und abgebildet; Gleichenia polypodioides und Kaulfussia aesculifolia) „da nur die Verwandtschaft mit dem ersteren (Gleich. polypod.) grösser erscheint, als mit dem letzteren (Kaulf. aescul.), zögerte ich nicht, unsere Pflanze in die Gruppe der Gleichenieae . . . zu bringen.“ Nach der auffallenden habituellen Aehnlichkeit mit Scolecopteris durften wir nun freilich geneigter sein auch Asterocarpus Sternbergii den Marattiaceen zuzuzählen. Freilich bleibt, wie schon gesagt die Ent-

scheidung dieser Frage erst, wenn sie überhaupt zu lösen, späteren Untersuchungen vorbehalten. Nach blossen habituellen Bildern und dazu von nur zweifelhafter Deutlichkeit, wie sie hier meist vorliegen, lassen sich schlechterdings Marattiaceen und Gleicheniaceen nicht unterscheiden, und musste ich daher den Versuch, alle bisher beobachteten fossilen Marattiaceen zusammenzustellen, nachdem derselbe mir bereits viel Zeit gekostet hatte, schliesslich aufgeben: es war eben in nur ganz wenigen Fällen möglich, Sicherheit darüber zu erlangen, ob die als Marattiaceen etwa bezeichneten Farne wirklich solche seien. Bemerken will ich nur noch, dass zu den nahen Verwandten unserer Scolecopteris auch die Gattung Hawlea Corda zu gehören scheint. So möchte man wenigstens aus den Abbildungen von Corda in dessen Beiträgen zur Flora der Vorwelt Taf. LVII Fig. 7 und 8 schliessen. Nur eine Art: die Hawlea pulcherrima aus der Steinkohle bei Beraun in Böhmen wird von Corda beschrieben (l. c. S. 90), er selbst vergleicht sie mit Mertensia; auf ihre Aehnlichkeit mit Goeppert's Asterocarpus macht bereits Schimper in seiner Paléontologie végétale S. 586 aufmerksam. Wie schlecht es noch um ein natürliches System der fossilen Farne bestellt ist, zeigt wohl hinlänglich der Umstand, dass auch noch Schimper in seinem, eben citirten, neuesten Werke sich gezwungen sieht, einem durchaus künstlichen, dem von Brogniart in den Jahren 1828—37 (Histoire des végétaux fossiles vol. I S. 148 et 149) und 1849 (Tableau des genres de végétaux fossiles) aufgestellten, auf die Nervatur des Blattes basirten Systeme zu folgen [1]).

1) Goeppert hatte versucht in seinem Werke „Die fossilen Farnkräuter 1836" die fossilen und die recenten Farne in ein System zu vereinigen; doch sah er sich in einem späteren 1841 begonnenen Werke: Die Gattungen der fossilen Pflanzen u. s. w., „wegen der geringen, im fossilen Zustande sich darbietenden Kennzeichen" veranlasst, diesen Versuch aufzugeben, und stellte nunmehr 5 Unterabtheilungen der fossilen Farne auf, von denen nur die beiden ersten Abtheilungen: die Danaeaceae und Gleicheniaceae „im Vergleich zu denen der jetztweltlichen Farne natürliche genannt werden können, während die vier letzteren: die Neuropterides, Spheanopterides und Pecopterides „sehr verschiedenartige Gattungen der Jetztwelt umfassen" und eigentlich auch nur nach der Nervatur der Wedel gebildet sind. „Wenn wir aber erwägen" schreibt Goeppert weiter, „dass es eine nicht geringe Zahl von Farnen giebt, die in den einzelnen Stadien der Entwickelung nicht blos verschiedenartige Blätter, sondern auch verschieden gestaltete Nerven besitzen . . . ., so dürfen wir wohl zu der Ueberzeugung gelangen, dass man an diesen Zweig der Wissenschaft, der sich vorzugsweise der Nervenverbreitung als leitendes Merkmal bedienen muss, immer nur mässige Ansprüche auf Sicherheit der Bestimmung wird machen können."

Dass in einem solchen Systeme die heterogensten Farne noch durcheinanderstehen müssen, kann nicht bezweifelt werden. Die meisten Marattiaceen scheinen bei Schimper in der Abtheilung der Taeniopterideae eine Stelle gefunden zu haben, doch dürften sich dieselben auch in allen den andern Abtheilungen vorfinden: so z. B. Asterocarpus unter den Pecopterideae. Die Sori, wie sie Goeppert für Asterocarpus abbildet, seien, meint Schimper ziemlich häufig für Pecopteris und liessen sich keineswegs vergleichen: mit den „sores indusiés à déhiscence stelliforme des Marattiacées ou des Gleichéniacées. Mieux que l'échantillon type de Mr. Goeppert, le Pecopteris truncata Germ. montre un indusium circulaire régulièrement rayonné; mais il m'est impossible de trouver sur les échantillons richement fructifiés que je tiens de Germar luimême, une déhiscence radiaire de cet organe, qu'on voit quelquefois irregulièrement lacéré, ou même complétement enlevé, ce qui prouverait qu'il n'est pas soudé aux capsules" l. c. p. 584. Ich konnte nur die Abbildung bei Germar (verst. d. Steink. von Well. u. Lebej. Fasc. IV Taf. XVII) vergleichen, finde aber dieselben so übereinstimmend mit Asterocarpus [1]) und mit unserem Farne, dass ich trotz der Schimper'schen Einwände immer noch einige Neigung hätte auch diese Pecopteris truncata für eine Marattiaceae und den nächsten Verwandten der genannten Farne zu halten, wenn es nicht weiter bei Schimper heissen möchte: „Je ferai observer encore que les figures de Germar sont considérablement embellies et ne rendent pas tout à fait la nature." Unsere Scolecopteris wurde von Schimper wie schon erwähnt unter den Filicinae incertae sedis behandelt (l. c. S. 680). Schimper schreibt: „La forme, l'organisation et le mode de déhiscence des Sporanges paraissent rapprocher ce genre des Marattiacées et parmi celles-ci du genre Angiopteris. . . . La nervation rappelle celle des Goniopteris-Eugoniopteris." Schimper drückt sich sehr bestimmt über den Fundort dieses Farns aus; „Dans le grès rouge (todtliegende) des environs de Chemnitz en Saxe." Diese Angabe ist auf die schon citirte Stelle in dem Zenker'schen Aufsatze basirt: man käme auf die Vermuthung dieses Farngewächs gehöre zu den sogenannten Staarensteinen . . . „dieses gewinnt um so mehr an Wahrscheinlichkeit, als beide aus denselben oder doch ganz nahe liegenden Gebirgsstraten (Porphyrgebirge und Todtliegendes)

---

1) Auch Germar selbst meint l. c. S. 43 von seinem Farne: es gehöre zu Asterocarpus Goepp.

erhalten werden." Nähere Angaben über den Ursprung dieser Versteinerung waren aus den Katalogen der jenaenser Sammlung nicht zu gewinnen.

Ob das von Zenker vermuthete Verhältniss zu den Staarensteinen begründet sei, und ob, wie er so sicher annimmt, (Vergl. das frühere Citat S. 82) die von uns beobachteten Fiederblättchen einem baumartigen Farne angehörten, muss ich dahingestellt lassen.

Um Anknüpfungspunkte zur Beurtheilung der Verwandtschaftsverhältnisse von Scolecopteris zu gewinnen, hatte ich mich veranlasst gesehen, die heut lebenden Marattiaceen etwas eingehender zu untersuchen. Namentlich war mir dieses für Angiopteris und Marrattia, die mir beide im lebenden Zustande zur Verfügung standen, möglich. Die Zeichnungen, die ich von denselben anfertigte, habe ich auf der Tafel III zusammengestellt; ich glaubte dieselben könnten trotz zahlreicher früherer Veröffentlichung immer noch einiges Interesse beanspruchen, um so mehr, als in letzter Zeit, die Aufmerksamkeit der Forscher sich vielfach den Marattiaceen, als den Annäherungsgliedern an die Ophioglosseen, zugewendet hat. Meine Zeichnungen, namentlich auch die für Angiopteris, dürften in einigen Punkten die früheren ergänzen. Für Angiopteris gelangte ich zunächst zu der Ueberzeugung, dass die einzelnen, den Sorus bildenden Sporenfächer (Taf. III Fig. 14) trotz ihrer Anlage aus einer grösseren Zahl von Epidermiszellen (Vergl. Luerssen, Bot. Zeitung 1872 S. 768) noch durchaus die Bezeichnung: Sporangia verdienen; ja ich finde sogar eine Art Ring an denselben. Dieser Ring ist freilich wenig markirt, wenn auch constant in bestimmter Stellung vorhanden. Auf dem radialen (im Verhältniss zum ganzen Sorus) Längsschnitt durch das Sporangium erscheint der Ring, wie in Fig. 15 zu sehen, von nur wenigen, in der Art ihrer Verdickung von den benachbarten sich unterscheidenden, Zellen gebildet; im reifen Sporangium finde ich diese Zellen meist von Luft erfüllt. Am besten ist der Ring zu sehen auf Scheitelansichten, an solchen Praeparaten, wie ich eines in Fig. 17 dargestellt habe. Das Sporangium ist wie diese Fig. und auch schon Fig. 14 zeigt auf der Aussenseite abgeflacht, ja hier sogar etwas eingedrückt; an den scharfen Rand dieser Abflachung grenzt nun auch von oben und von den Seiten her der Ring. Oben ist er am schmälsten und am schärfsten markirt nach den

Seiten läuft er breiter und weniger scharf gegen die benachbarten Zellen abgegrenzt, aus (Fig. 18). Am schönsten ist er zu verfolgen, wenn seine Zellen mit Luft erfüllt sind. Auf der Unterseite des Sporangium verliert er sich völlig. Aus der Fig. 17 erklärt sich nunmehr auch ohne weiteres das Aussehen des Ringes in der Fig. 16, namentlich an dem zweiten Sporangium von links aus gezählt: hier muss er wie eine Art Kamm am Sporangium erscheinen, ein Kamm, der übrigens nicht über die Oberfläche der übrigen Zellen des Sporangium's vortritt, vielmehr nur durch den etwas verschiedenen Habitus seiner Zellen auffällt. Die Sporangien rechts, namentlich das zweite vom Rande aus, ist durch das Messer noch vor dem Ringe, der Mitte des Sorus näher, getroffen worden, die Einsenkung am Scheitel, hervorgerufen durch die Kleinheit der hier zusammenstossenden Zellen, bezeichnet die Stelle an der sich das Sporangium öffnet, so wie es dann der Längsschnitt Fig. 18 zeigt. Auch die in Fig. 14 dargestellten Sporangien, so wie das einzelne Fig. 17 sind bereits geöffnet und wird die obere Grenze des Spaltes, wie namentlich in Fig. 17 zu sehen, durch die Zellen des Ringes bestimmt; er reicht unmittelbar bis an diese Zellen. Ueber den Sorus von Marattia habe ich wenig hinzuzufügen, liegen ja für denselben die kürzlich veröffentlichten ausführlichen Untersuchungen von Lürssen (Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Farn-Sporangien 1872) vor. Meine Figuren, namentlich die Figur 23 und 24 mögen hier immerhin noch ergänzend hinzugefügt werden. Ich war früher geneigt die Sori der Marattiaceen, ihrer Annäherung an die Sporocysten der Ophioglossen wegen, ebenfalls schon als Sporocysten zu bezeichnen (Bot. Zeitschr. 1873 S. 84), ich bin von dieser Bezeichnungsweise jetzt zurückgekommen. Ungeachtet bei Entstehung der Sporenbehälter von Angiopteris ganze Epidermiszellgruppen sich betheiligen, (Luerssen Bot. Zeit. 1872. S. 768.) ja bei Marattia selbst die unter der Epidermis liegende Zellschicht in die Bildung des Sorus eingeht, so kann ich doch nicht umhin in den beiden Gebilden noch Trichomgebilde[1]), in dem morphologischen Sinne des Wortes, zu erkennen. Zu dieser Ueberzeugung führte mich die oben geschilderte, eingehendere Untersuchung von Angiopteris in deren Sporenfächern uns noch unzweifelhaft die ganzen

1) Bekanntlich ist in letzter Zeit vielfach eine ähnliche Entstehungsweise für verschiedene Trichomgebilde (die man wohl auch als Emergenzen bezeichnet hat), nachgewiesen worden.

Sporangien der anderen Farne erhalten sind [1]). Die Sori von Marattia verdanken aber ihre Entstehung nur einer weitergehenden Verschmelzung solcher Sporangien, und sind daher von dem nämlichen morphologischen Werthe. Ich habe es daher vorgezogen in dieser Abhandlung von Sori, statt von Sporocysten zu sprechen, und wende diese Bezeichnung in Zukunft nur auf die Ophioglossen und Lycopodiaceen an, bei denen der trichomwerthige Theil der Sori wirklich in dem Blattgewebe aufgegangen ist.

Da mir Kaulfussia und Danaea nur im getrockneten Zustande zur Verfügung standen, so habe ich auf die Abbildung ihrer Sori, da letztere keine befriedigende histologische Behandlung zuliessen, verzichtet. Ich verweise somit auf ältere Figuren [2]) und erinnere nur noch zum Schlusse, um das Bild der heut lebenden Marattiaceen zu vervollständigen, dass Kaulfussia mit ihren Sori sehr nahe an Marattia anschliesst; dieselben unterscheiden sich der Hauptsache nach nur dadurch von Marattia, dass die Fächer gleichmässig im Kreise stehen und sich, im reifen Zustande, in einen, nicht spaltenförmigen, sondern becherförmigen Raum öffnen; die Fächer der Sori von Danaea erinnern in ihrer Anordnung mehr an Angiopteris, doch sind die einzelnen Sori noch mehr lang gezogen, ausserdem die Sporangien sogar noch vollständiger mit einander verschmolzen als bei Marattia und Kaulfussia, selbst die Bildung eines gemeinsamen mittleren Spaltes unterbleibt, und jedes Fach öffnet sich mit einem besonderen scheitelständigen, runden Porus nach aussen. Diese Poren laufen, der Stellung der Fächer entsprechend, in zwei parallelen Reihen auf jedem Sorus [3]).

1) Zu dieser Ueberzeugung werde ich vor allem durch den Vergleich mit den Gleicheniaceen geführt, die ich für die nächsten Verwandten der Marattiaceen halte.

2) Namentlich in W. J. Hooker's Genera Filicum und Species Filicum.

3) Vergl. im Uebrigen Mettenius: Filices horti botanici lipsiensis S. 118 u. 119, 1856.

Erklärung der Tafel II. und III.

Fig. 1—13 von Scolecopteris elegans Zenk.

Sämmtliche Figuren sind mit der Camera lucida entworfen. Wo nicht anders angegeben sind sie bei durchfallendem Lichte gezeichnet.)

Fig. 1. Ansicht eines dicht mit Sori bedeckten Blatttheils von der Unterseite. Die Spitzen der Fiederblättchen links sind frei ergänzt. Bei auffallendem Lichte. Vergr. 10 Mal.

Fig. 2. Ein Fiedertheil ebenfalls von der Unterseite; die Sori durch den Schliff entfernt, die Nervatur der Blättchen deutlich zu sehen. Bei auffallendem Lichte. Vergr. 10 Mal.

Fig. 3. Zwei Fiederblättchen mit Sori. Vergr. 10 Mal.

Fig. 4 und 5. Querschliffe durch die Sori bei stärkerer Vergrösserung der Sorus Fig. 4 an einer tieferen, der Sorus Fig. 5 an einer höheren Stelle getroffen. Vergr. 100 Mal.

Fig. 6. Ein Theil der Wandung eines Sporangium's noch stärker vergrössert. Vergr. 240 Mal.

Fig 7. Eine einzelne Zelle aus einer solchen Wandung. 520 Mal vergr.

Fig. 8. Querschliff durch den gemeinschaftlichen Stiel des Sorus etwas über der Insertionsstelle der Fächer. Vergr. 240 Mal.

Fig. 9a u. 9b. Querschliffe durch zwei fertile Fiederblättchen. Bei auffallendem Lichte. Vergr. 10 Mal.

Fig. 10. Ein Sorus von der Seite gesehen, im linken Fache Sporen. Vergrössert 100 Mal.

Fig. 11. Ein eben solcher Sorus im Längsschnitt. Vergr. 100 Mal.

Fig. 12. Ein Längsschnitt durch den Sorus-Stiel, die Fächerbasis und die Insertionsstelle des Sorus-Stieles am Blättchen. Vergr. 240 Mal.

Fig. 13. Sporen. Vergr. 520 Mal.

Fig. 14—19 von Angiopteris evecta Hoffm.

Fig. 14. Ein Sorus mit reifen Sporangien. Vergr. 20 Mal.

Fig. 15. Längsschnitt durch den Sorus (Schmale Seite). Vergr. 50 Mal.

Fig. 16. Längsschnitt durch den Sorus (Breite Seite). Vergr. 50 Mal.

Fig. 17. Oberer Theil eines Sporangiums, Scheitelansicht. Vergr. 100 Mal.

Fig. 18. Längsschnitt (tangential im Verhältniss zum ganzen Sorus) durch ein Sporangium. Vergr. 100 Mal.

Fig. 19. Sporen. Vergr. 520 Mal.

Fig. 20—24. Marattia Kaulfussii J. Sm.

Fig. 20. Der ganze Sorus. Vergr. 20 Mal.
Fig. 21. Querschnitt nahe der Basis. Vergr. 20 Mal.
Fig. 22. Längsschnitt durch den Sorus (Schmale Seite). Vergr. 50 Mal.
Fig. 23. Längsschnitt durch den Sorus (Breite Seite). Vergr. 50 Mal.
Fig. 24. Querschnitt durch den Sorus, höher über der Basis als in Fig. 21. Vergr. 50 Mal.

Neue Apparate zur Bestimmung des Brechungs- und Zerstreuungsvermögens fester und flüssiger Körper.

Von

Ernst Abbe.

(Mit Tafel IV. und 7 Figuren im Text.)

Vorbemerkung.

Seit mehreren Jahren mit Arbeiten beschäftigt, welche sehr zahlreiche Bestimmungen der dioptrischen Constanten sowohl an festen Körpern — an Glasproben — wie auch an Flüssigkeiten und halbflüssigen Substanzen nöthig machten, habe ich nicht nur reichliche Veranlassung gehabt, mich um die Vereinfachung der Methoden und die Verbesserung der Instrumente für derartige Beobachtungen zu bemühen, sondern auch Gelegenheit genug, die für diesen Zweck versuchten Neuerungen gründlich auf die Probe zu stellen. — Im Folgenden beschreibe ich die neuen Verfahrungsweisen und Apparate, die sich mir bei jenen Arbeiten ergeben und in längerem Gebrauche bewährt haben; in der Meinung, dass die Ausführung genauer dioptrischer Messungen durch dieselben ausserordentlich erleichtert und damit das hauptsächlichste Hinderniss beseitigt werde, welches bisher einer ausgiebigen Verwerthung solcher Maassbestimmungen für viele wissenschaftliche und technische Zwecke im Wege gestanden hat.

Die von Fraunhofer zuerst gelehrte Methode, nach welcher die Minimalablenkung der Strahlen je einer bestimmten Farbe in einem Prisma von gemessenem Winkel beobachtet wird, genügt, was die erreichbare Sicherheit und Präcision der Resultate anlangt, ohne Zweifel allen Ansprüchen, die für irgend einen Zweck gestellt werden mögen; und für den Physiker von Fach stehen auch ihrer Ausübung keinerlei ernstliche Schwierigkeiten entgegen,

seit der all zu schwerfällige Apparat Fraunhofer's durch zweckmässig eingerichtete Instrumente — Spectrometer — wie Meyerstein, Steinheil u. A. construirt haben, ersetzt ist. Dagegen ist nicht zu verkennen, dass auch mit diesen Instrumenten die Ausführung der in Rede stehenden Messungen immer noch ein umständliches und sehr subtiles Geschäft bleibt, welchem nur ein geschickter Beobachter recht gewachsen ist. Die Construction dieser Spectrometer ist an sich schon ziemlich verwickelt; die richtige Justirung der einzelnen Stücke, welche theilweise bei jeder Messung von Neuem ausgeführt werden muss, erfordert Manipulationen, die auch für einen Geübten lästig und zeitraubend bleiben. Die Messung selbst, d. i. die Ermittelung des brechenden Winkels und der Minimalablenkung, setzt sich aus mehreren ungleichartigen Operationen zusammen, welche bei einigen Constructionen sogar unter wesentlich veränderter Zusammenstellung des Apparates auszuführen sind. Zu dem Allen kommt noch der Umstand, dass schon die gewöhnlichsten Bedürfnisse der Praxis, wenn das praktisch so wichtige Element, die Farbenzerstreuung, in einer nur mässigen relativen Genauigkeit erhalten werden soll, eine sehr feine Kreistheilung nöthig machen, welche wegen der dadurch bedingten feineren Construction anderer Theile die Handhabung solcher Instrumente viel zu difficil macht, als dass sie allen Denen zu gute kommen könnten, für welche die Ausführung genauer optischer Maassbestimmungen von Nutzen sein würde. In der That hat denn auch die Fraunhofer'sche Methode ausserhalb der physikalischen Laboratorien eine ausserordentlich geringe Verbreitung gefunden. Die ausübenden Optiker namentlich behelfen sich in der Mehrzahl nach wie vor mit viel einfacheren aber auch höchst mangelhaften Verfahrungsweisen; und eine für die Optik sehr wichtige Hilfsindustrie, die Glasschmelzekunst, — an deren Fortschritten mittelbar mehrere Wissenschaften lebhaft interessirt sind — ist, wie es scheinen muss, von dem Beispiel Fraunhofer's so gut wie unberührt geblieben[1]).

---

1) Die Fabrikanten optischer Gläser characterisiren bis heute ihre Erzeugnisse, wie wenn sie zu Schiffsballast bestimmt wären, durch das specifische Gewicht. Da hierbei die entscheidenden optischen Merkmale der Glasarten in ihren feineren Abstufungen völlig verhüllt bleiben, so giebt es darauf hin weder eine sichere Verständigung zwischen dem praktischen Optiker und dem Glasfabrikanten, noch hat dieser selbst in jenen Bestimmungen eine sichere Controle über die Qualität und die Gleichförmigkeit seiner Produkte. Vollends aber ist jede Hoffnung ausgeschlossen, dass die Glasschmelzekunst — so lange

Noch für mehrere andere technische und wissenschaftliche Interessen ist die Möglichkeit genauer Bestimmung der dioptrischen Constanten wohl nur wegen der Beschwerlichkeit ihrer Ausführung beinahe unfruchtbar geblieben. So ist es keinem Zweifel unterworfen, dass Brechungsexponent und Dispersion für viele Aufgaben der Technik, für Unterscheidung und Prüfung mancher Substanzen u. dergl. recht wohl verwerthbar sein würden. Desgleichen ist durch zahlreiche Untersuchungen — von Landolt u. A. — hinlänglich dargethan, dass diese optischen Constanten vermöge ihrer Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung der Körper für die Chemie eine ähnliche Bedeutung haben wie die anderen physikalischen Merkmale, Siedepunkt, Dampfdichte, specifische Wärme u. dergl. Solchen Anwendungen gegenüber kommen vorwiegend die Hülfsmittel zur Untersuchung flüssiger Körper in Betracht; und man darf hoffen, dass eine wesentliche Erleichterung dieser Untersuchung für diese angeführten Gebiete nicht ohne Folgen bleiben wird.

Im Nachstehenden wird zunächst über die Messung des Brechungsexponenten und der Farbenzerstreuung mittelst Prismen gehandelt werden. — Für die Combination der darzulegenden Beobachtungsmethode und des zu beschreibenden Spectrometers sind folgende Rücksichten maassgebend gewesen:

1) möglichste Vereinfachung des Instruments durch Beseitigung aller irgend entbehrlichen Theile;

2) Leichtigkeit und Sicherheit der Justirung, mit dem Anspruch, dass alle dem Instrument dauernd zugehörigen Theile, einmal regulirt, ihre richtige Lage unverändert beibehalten, die zu untersuchenden Prismen aber, was auch ihre Gestalt und Grösse sein mag, durch wenige Handgriffe in die verlangte Stellung gebracht werden können;

---

kein rationelleres Verfahren Eingang gefunden hat — über blos hergebrachte Ziele hinausgehen und selbständig versuchen werde, dem Bedürfniss der praktischen Optik nach neuen Glasarten entgegenzukommen. Wie die Theorie auf das Bestimmteste nachweist, hängt die weitere Vervollkommnung der meisten optischen Instrumente durchaus nicht ab von der Erzeugung immer schwererer Flintgläser, sondern vielmehr von der Herstellung solcher Glasflüsse, bei welchen der mittlere Brechungsindex und die Dispersion andere Verhältnisse haben als bei den gangbaren Arten von Crown und Flint. Wie sollte aber ein Fortschritt in dieser Richtung möglich sein, wenn die Betheiligten sich nicht in den Stand setzen, die optischen Merkmale im Einzelnen studiren zu können?

3) Ermittelung aller zu einer vollständigen Messung erforderlichen Data ohne jede Veränderung des Instruments;

4) Ermittelung der zur Dispersionsbestimmung erforderlichen Data unabhängig von der Winkelmessung am Theilkreise, durch eine einfache und leicht zu handhabende Mikrometervorrichtung, damit die Kreistheilung nicht feiner, die Construction und der Gebrauch des Instruments nicht subtiler zu sein braucht als die für die absoluten Werthe des Brechungsindex verlangte Genauigkeit fordert; endlich

5) bequeme Benutzung des Sonnenlichtes ohne die Hülfe eines selbstthätigen Heliostaten.

Die Grundlage des Beobachtungsverfahrens ist die von O. Littrow[1]) erdachte Methode: die in das Prisma gelangten Strahlen an der hinteren Prismenfläche im Innern der brechenden Substanz so reflectiren zu lassen, dass die Richtung des Austritts mit der des Eintritts zusammenfällt. Auf Grund einer solchen Combination wird es möglich, die sonst erforderlichen beiden Stücke, Collimator und Beobachtungsrohr, gänzlich zu verschmelzen, indem man den lichtgebenden Spalt im Ocularfelde des Beobachtungsrohrs selbst anbringt und die eine Hälfte desselben, an Stelle eines Fadenkreuzes, zur Einstellung der Bilder verwendet. Diese Einrichtung, in Verbindung mit einer bequemen Mechanik zur Application und Justirung der Prismen und mit einem Mikrometerapparat zur Messung kleiner Winkelunterschiede, erlaubt den oben geltend gemachten Anforderungen in vollem Umfang zu genügen.

Im zweiten Theile dieser Abhandlung wird ferner eine Methode entwickelt, welche den Brechungsexponenten und die Dispersion von Flüssigkeiten ohne die Messung prismatischer Ablenkung und demnach ohne Hilfe eines Spectrometers zu bestimmen gestattet, und zwar in einer Genauigkeit, welche das mittelst des Hohlprismas zu erreichenden nicht wesentlich nachzustehen braucht. — Wenn schon die Vereinfachung, welche das hier beschriebene Spectrometer für dioptrische Messungen herbeiführt, auch der Messung an einem Hohlprisma ungeschmälert zu gute kommt, so ist dadurch doch noch keineswegs diejenige Erleichterung erzielt, die man im Hinblick auf die oben erwähnten Anwendungen wünschen müsste. Die Verwerthung dioptrischer Maassbestimmungen für

1) Sitzungsber. der math.-phys. Cl. d. Wiener Akad. XLVII, 2, S. 26. Vergl. Steinheil, Sitzungsber. d. Münchener Akad. 1868, 1, S. 47.

technische Zwecke und als Hilfsmittel der chemischen Untersuchung wird nicht erheblich gefördert sein, so lange sie angewiesen bleibt auf den Gebrauch eines wenig handlichen Instruments und so lange jede einzelne Messung wenigstens drei Einstellungen und drei Theilkreis-Ablesungen mit einer nachfolgenden, wenn auch leichten Rechnung nöthig macht; gar nicht zu gedenken der Hindernisse, welche viele flüssige und halbflüssige Substanzen der Beobachtung in einem Hohlprisma entgegen setzen. — Sehr viel weiter gehenden Ansprüchen an die Vereinfachung des Apparates und an die Abkürzung der erforderlichen Operationen kann aber in der That bei Flüssigkeiten genügt werden, wenn die ganze Messung gegründet wird auf Beobachtung der Totalreflexion, welche die betreffende Flüssigkeit, in sehr dünner Schicht zwischen Prismen aus stärker brechender Substanz eingeschlossen, an durchfallenden Strahlen ergiebt. Ich habe diese Methode — welche mittlerweile übrigens, in anderer Art angewandt, auch von Christiansen[1]) angegeben worden ist — seit dem Jahre 1869, zuerst zur Bestimmung von Balsamen und Harzen, benutzt und zu ihrer bequemen Anwendung besondere Apparate — Refractometer — construirt, durch welche es möglich gemacht wird, bei jeder flüssigen oder halbflüssigen Substanz den Brechungsexponenten und, wenn nöthig, auch die Dispersion durch die allereinfachsten Manipulationen zu bestimmen. Dabei genügt ein einziger Tropfen der betreffenden Flüssigkeit, die in dickeren Schichten beliebig undurchsichtig sein kann. Die ganze Beobachtung besteht in einer einzigen kunstlosen Einstellung und in der nachfolgenden Ablesung an einem Gradbogen oder an einer Mikrometerscala, welche Ablesung den gesuchten Brechungsexponenten unmittelbar, d. h. ohne jede Rechnung ergiebt.

Im Folgenden gebe ich die ausführliche Beschreibung dieses Refractometers in drei von einander abweichenden, verschiedenen Zwecken angepassten Formen[2]).

Schliesslich sei noch bemerkt, dass alle in diesem Aufsatz beschriebenen Apparate in der optischen Werkstatt des Herrn C. Zeiss in Jena zu wiederholten Malen ausgeführt und die meisten davon auch schon seit einigen Jahren, sowohl von mir wie von Anderen, im wirklichen Gebrauch erprobt worden sind.

---

1) Poggendorff's Annalen, Bd. CXLIII, S. 258. (1871).

2) Eine kurze Mittheilung über diese Instrumente hat schon auf der 45. Versammlung Deutscher Naturforscher und Aerzte in Leipzig statt gehabt und ist aus deren Sectionsberichten in ein[illegible]iften übergegangen.

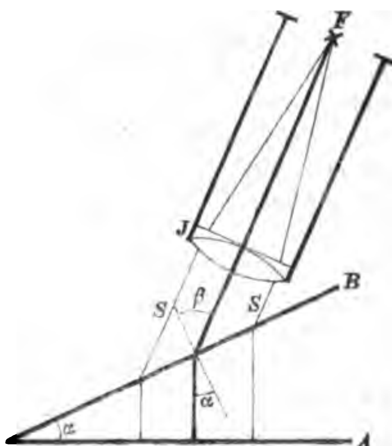
Die Bestimmung der dioptrischen Constanten mittelst Prismen.

1. Das Princip der Beobachtungs-Methode.

Die Grundidee, auf welcher die darzulegende Beobachtungsmethode beruht, und welche in dem zu beschreibenden Instrument realisirt ist, erläutert sich durch folgende Betrachtung.

Sei *A B* (Fig. 1) ein Prisma mit einem brechenden Winkel α und stelle *S* ein Bündel paralleler Strahlen von einerlei Brechbarkeit vor, welches in der Ebene eines Hauptschnittes verlaufend, mit der brechenden Fläche *B* einen solchen Einfallswinkel β bildet, dass die gebrochenen und in das Prisma eintretenden Strahlen die zweite (hintere) Fläche *A* gerade senkrecht treffen. — Soll diese Forderung erfüllt sein, so muss der Winkel, den die gebrochenen Strahlen im Innern mit dem Einfallslothe bilden, dem brechenden Winkel α gleich sein und demnach, wenn n den Brechungsindex vorstellt, der Einfallswinkel β der Bedingung genügen

Fig. 1.



$$\sin \beta = n . \sin \alpha$$

— was so lange immer möglich ist, als $n . \sin \alpha < 1$, d. h. so lange α kleiner als der Grenzwinkel der totalen Reflexion für das betreffende Medium genommen wird.

Diese Verhältnisse als hergestellt angenommen, wird das in das Innere des Prisma's eingetretene Bündel paralleler Strahlen an der hintern Fläche *A* in der Richtung der Normalen reflectirt und tritt nach wiederholter Brechung an der Fläche *B* wieder aus — offenbar in genau derselben durch den Winkel β fixirten Richtung rückwärts verlaufend, in welcher die Strahlen vor der ersten Brechung anlangten. Ist nun, wie in der Figur angedeutet, das Strahlenbündel erhalten durch Vermittelung eines Fernrohrobjectivs *J*, in dessen Hauptbrennpunkt *F* ein leuchtender Punkt angebracht,

und dessen Axe im Hauptschnitt nach dem Winkel β orientirt ist, so werden die rückkehrenden Strahlen, wie keiner weitern Erläuterung bedarf, sich im Focus F wieder vereinigen und demnach ein mit dem Lichtpunkte selbst genau zusammenfallendes Bild desselben erzeugen. Ganz das Nämliche wird auch eintreten, wenn die Axe des Fernrohrs und damit die Richtung des aus dem Objectiv austretenden Strahlenbündels zu einer der Prismenflächen senkrecht gerichtet wird, indem alsdann die einfache Spiegelung an dieser Fläche unmittelbar bewirkt, was in dem vorher betrachteten Falle die Spiegelung in Verbindung mit den beiden Brechungen that.

Diese Coincidenz von Object und Bild in der Focalebene jenes Fernrohrobjectivs kann nun umgekehrt als Kriterium dafür benutzt werden, dass die Axe des Fernrohrs eine der beiden Lagen gegen das Prisma einnimmt: entweder, entsprechend der ersten Voraussetzung, mit der Normalen der vorderen Prismenfläche den Winkel β bildet, welcher der Gleichung

$$\sin \beta = n . \sin \alpha$$

genügt, oder entsprechend der zweiten Annahme, zu einer der Prismenflächen normal gerichtet ist. — Vorausgesetzt also, dass diese Coincidenz eines im Focus eines Fernrohrobjectivs angebrachten Lichtpunktes mit seinem durch die rückkehrenden Strahlen erzeugten Bilde in geeigneter Art wahrnehmbar gemacht werden kann, so wird ihre Beobachtung unter den angenommenen Verhältnissen das Mittel bieten 1) zur Bestimmung des Winkels α zwischen den Normalen der beiden Flächen A und B; indem man die Drehung misst, welche bei unverändert bleibender Richtung der Fernrohraxe von der Coincidenz des Spiegelbildes der einen Fläche zu der des Spiegelbildes der andern führt; und 2) zur Ermittelung des Winkels β, der in Verbindung mit dem eben gemessenen auf den Brechungsindex n führt; indem man die weitere Drehung bestimmt, welche von der Coincidenz des von B gelieferten Spiegelbildes hinführt zur Coincidenz desjenigen Bildes, das durch innere Spiegelung an der Fläche A, unter Vermittelung der beiden Brechungen zu Stande kommt.

Um zu übersehen, wie diese Methode praktisch zu realisiren ist, d. h. wie die in Frage kommenden Coincidenzen zur Wahrnehmung zu bringen sind, betrachte man — immer noch unter Voraussetzung homogenen Lichtes — an Stelle des vorher in F angenommenen Lichtpunktes eine leuchtende Linie, senkrecht ste-

hend zur Fernrohraxe und zur Ebene des diese enthaltenden Hauptschnittes [1]).

Fasst man nun zwei Punkte dieser Linie in's Auge, von denen der eine um eben so viel unter, wie der andere über der Fernrohraxe (oder über der Ebene des sie enthaltenden Hauptschnittes) liegt, so ist unmittelbar ersichtlich, dass beide wie der vorher betrachtete auf der Axe liegende Punkt durch das Objectiv dem Prisma je ein Bündel paralleler Strahlen zusenden, welche beide Strahlensysteme jedoch zur Ebene des Hauptschnittes nach entgegengesetzten Seiten um gleichen Winkel geneigt sind. Wenn daher das Prisma dem Objectiv entweder mit einer zur Fernrohraxe normal gerichteten, oder mit einer gegen diese unter dem Winkel β orientirten Fläche gegenübersteht, so muss jedes der beiden Strahlenbündel eine Reflexion erfahren, — entweder direkt, oder nach vorheriger Brechung, an der hintern Fläche des Prismas. Demnach muss jedes der beiden Bündel in derjenigen Richtung zurückkehren, in welcher das andere anlangte, so dass also die Richtungen beider nach der Reflexion unter einander vertauscht erscheinen. Indem nun das Objectiv diese zurückkehrenden Strahlen wieder in seiner Focalebene in Punkten vereinigt, welche die Bilder der vorher betrachteten Punkte der Focalebene darstellen, fällt das Bild des unter der Axe liegenden Punktes auf den über derselben liegenden und umgekehrt. Wendet man diese Betrachtung auf alle Punkte der oben vorausgesetzten Lichtlinie an, so ergiebt sich, dass in jeder der beiden charakteristischen Stellungen des Prismas die zurückkehrenden Strahlen von jener Lichtlinie in der Focalebene des Fernrohrs ein mit ihr selbst zusammenfallendes aber umgekehrtes Bild entwerfen. Demnach liegt das Bild des untern Theils der Lichtlinie von der Axe nach oben, so dass es als die Fortsetzung jenes untern Theils erscheint; und umgekehrt.

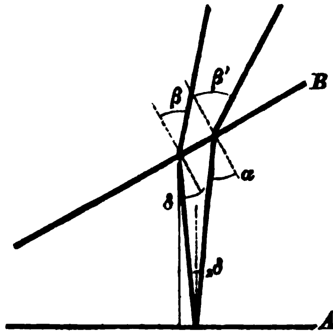
Diese Bemerkung führt direkt auf die Einrichtung hin, durch welche die fraglichen Coincidenzen, die zur Ermittelung der Winkel α und β dienen sollen, in aller Leichtigkeit und Schärfe beobachtbar werden. Man denke sich jene Lichtlinie zunächst durch ein Paar S'Gravesand'sche Schneiden dargestellt, welche, wie bei den gewöhnlichen Spectralapparaten, von der Axe des Rohrs nach oben und unten gleichweit sich erstrecken, und denke nun die eine,

1) Sie muss also in Fig. 1 im Punkte F zur Ebene des Papieres senkrecht stehend gedacht werden.

z. B. die obere Hälfte hinweggenommen, so dass auf dieser Seite der Axe die Focalebene frei wird. Es muss alsdann das Bild der unteren, stehen gebliebenen Hälfte, wenn diese in geeigneter Weise von hinten erleuchtet wird, in dem frei gelegten Theile der Focalebene zum Vorschein kommen und hier wie jedes Fernrohrbild beobachtet werden können, wenn hinter der Focalebene eine Lupe in Form eines RAMSDEN'schen Oculars angebracht wird. — Um dabei die Coincidenz erkennen, d. h. prüfen zu können, ob das oben erscheinende Bild genau in der Fortsetzung der untern Spalthälfte liegt, reicht es aus, diese Fortsetzung direkt sichtbar zu machen, indem man die Backen des Spaltes in der Nähe der Schneiden um ein weniges über die Axe des Rohrs hinaus in die freigelegte Hälfte der Focalebene hereinragen lässt, so dass ihre Kanten gleichzeitig mit dem zu beobachtenden Bilde im Sehfeld des Oculars erscheinen. — Die Beleuchtung der wirksam bleibenden Spalthälfte muss natürlich durch seitlich einfallendes Licht bewirkt werden, indem man dieses durch ein hinter dem Spalt zwischen Ocular und Focalebene angebrachtes Reflexionsprisma in die Axe des Rohrs führt.

Die Anwendung weissen Lichtes modificirt selbstverständlich nur die Erscheinung desjenigen Bildes, welches durch Vermittelung der beiden Brechungen und der Reflexion an der hintern Fläche des Prisma's zu Stande kommt. Denkt man, um den Erfolg in diesem Falle zu übersehen, die vordere Prismenfläche (Fig. 2) unter einem solchen Winkel β gegen die Axe eingestellt, dass Licht von einem bestimmten Brechungsindex n den vorher betrachteten Verlauf nimmt, also die zweite Prismenfläche senkrecht trifft, so wird ein Strahl von abweichender Brechbarkeit, dessen Index $n + dn$ gesetzt wird, im Innern des brechenden Mediums mit der Normalen der ersten Fläche einen Winkel $\alpha - \delta$ bilden, und es wird

Fig. 2.



$$\delta = \frac{1}{n^2} \frac{\sin\beta}{\cos\alpha} \cdot dn = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} \cdot \frac{dn}{n}$$

Dieser Strahl trifft nun die zweite Prismenfläche unter diesem

Winkel δ und kehrt daher nach der Reflexion zurück zur Fläche B unter einem Einfallswinkel

$$\alpha' = \alpha + \delta.$$

Da nun der Austrittswinkel $\beta' = \beta + d\beta$ durch die Bedingung

$$\sin\beta' = (n + dn)\sin\alpha'$$

bestimmt ist, so folgt, unter Berücksichtigung der vorausgehenden Gleichungen und unter Vernachlässigung der Glieder höherer Ordnung, schliesslich

$$d\beta = 2\,\frac{\sin\alpha}{\cos\beta}\cdot dn$$

Das so bestimmte $d\beta$ ist aber der Winkel, den die nach der Reflexion aus dem Prisma austretenden Strahlen der betreffenden Farbe mit der Axe des Collimators bilden, welcher Winkel demnach, wenn er für die dem Werthe n entsprechende Farbe Null ist, für die stärker brechbaren Strahlen nach der einen, für die schwächer brechbaren nach der andern Richtung hin in dem Maasse stetig wächst, als die Abweichung in dem einen oder dem andern Sinne zunimmt. Das Dispersionsphänomen tritt daher bei der hier betrachteten Combination ganz in der gewohnten Form auf. Das Objectiv des Fernrohrs, indem es die Strahlen von verschiedener Richtung in verschiedenen Punkten der Focalebene vereinigt, entwirft eine Reihe neben einander liegender farbiger Bilder des lichtgebenden Spaltes, welche ein dem Hauptschnitte des Prismas parallel sich erstreckendes, je nach den Umständen continuirliches oder discontinuirliches Spectrum bilden. Von diesem Spectrum fällt auf die Fortsetzung des lichtgebenden Spaltes stets diejenige Stelle, deren Strahlen die zweite Prismenfläche im Innern des Prismas genau senkrecht treffen, deren Brechungsindex also durch den Werth

$$n = \frac{\sin\beta}{\sin\alpha}$$

bestimmt ist.

Durch das Vorstehende ist das Verfahren zur Bestimmung des Brechungsexponenten für Strahlen einer bestimmten Farbe in der Hauptsache hinreichend bezeichnet.

Wird das zu untersuchende Prisma auf einem um eine verticale Axe drehbaren Theilkreis so angebracht, dass die brechende Kante dieser Drehungaxe genau parallel steht, und das Collimator-Fernrohr von der oben betrachteten Einrichtung in unverrückbarer Lage mit dem festen Theil des Stativs excentrisch verbunden, in der Art, dass seine optische Axe senkrecht zur Drehungsaxe des

Theilkreises steht, so wird eine Drehung des Kreises das Prisma successive in die oben in's Auge gefassten Lagen bringen. Es werden bei einer solchen Drehung der Reihe nach zwei Spiegelbilder des Spaltes und ebenso zwei Spectra durch das Gesichtsfeld des Oculars hindurch passiren. Zur Kenntniss des Winkels α und des einer bestimmten Farbe entsprechenden Werthes von β wird man demnach gelangen, indem man der Reihe nach die beiden Spiegelbilder und die betreffende Farbe eines der beiden Spectra genau auf die im Sehfeld sichtbare Fortsetzung des Spaltes einstellt, wobei man natürlich die FRAUNHOFER'schen Linien oder die hellen Linien eines Metall- oder Gasspectrums zur Fixirung bestimmter Farben benutzen wird.

Die Ablesung des Theilkreises für jede der drei Stellungen ergiebt nun ohne Weiteres die gesuchten Winkel α und β, mit deren Hilfe der Brechungsindex für die fragliche Farbe durch die einfache Rechnung

$$n = \frac{\sin\beta}{\sin\alpha}$$

gefunden wird. — Das Vorbeiführen des Spectrums vor den Spaltschneiden durch allmäliges Weiterdrehen und das successive Einstellen auf zwei oder mehrere Stellen gibt in unmittelbarem Anschluss an eine derartige Bestimmung auch die Data für die Dispersion, d. h. für die Differenz der Brechungsexponenten zweier bestimmten Farben; wobei es gleichgültig bleibt, in welcher Weise diese Angaben erhalten und zur Berechnung jener Differenz verwandt werden mögen.

Die Vergleichung der vorstehend entwickelten Beobachtungsweise mit der von FRAUNHOFER erfundenen, lässt sogleich erkennen, dass alle maassgebenden Bedingungen bei beiden übereinstimmend werden, wenn statt des Prismas mit senkrecht reflectirtem Strahl ein solches von doppelt so grossem Winkel mit durchgehendem Strahl in der Stellung der Minimalablenkung gesetzt wird. Beide Combinationen stellen Gleichheit des Eintritts- und des Austrittswinkels her und unter der gemachten Annahme ist auch die Grösse dieses Winkels bei beiden dieselbe. Während aber bei der FRAUNHOFER'schen Anordnung die Gleichheit beider Winkel nur indirect, nämlich durch das Kriterium der Minimal-Ablenkung herbeigeführt werden kann, wird dieselbe hier direct durch die Coincidenz des rückkehrenden Strahls mit dem eintretenden erhalten. — Dass auch die Winkelausbreitung des Spectrums bei beiden Combinationen gleiche Grösse hat, wenn dem hier betrachteten Prisma mit

dem Winkel α ein solches mit dem Winkel 2α für durchgehende Strahlen substituirt wird, kann eben so leicht nachgewiesen werden.

2. Beschreibung des Spectrometers.

Das Vorstehende giebt das Schema, nach welchem die wesentlichen Theile des Apparates sich anordnen, und zugleich die Grundzüge des Beobachtungsverfahrens. Zu erörtern bleibt, ausser den Einzelheiten der technischen Ausführung, Einrichtung und Gebrauch etlicher Hilfsapparate, welche theils zur sichern und bequemen Orientirung der verschiedenen Theile, namentlich des Prismas nöthig sind, theils zur Erreichung grösserer Schärfe, zumal für die Dispersionsmessung. dienen. Alles dies verbindet sich am Einfachsten mit der Beschreibung eines wirklich ausgeführten Instruments, welche denn unter Beihilfe der nach einer Photographie gezeichneten Abbildung, auf Tafel IV, hier zunächst folgen mag.

Ein gusseiserner Dreifuss *A* trägt, wie bei jedem Theodolith, die Büchse, in welcher der Verticalzapfen eines (scheibenförmigen) Theilkreises *B* sich dreht und, mit dieser Büchse verbunden, ein T-förmiges Metallstück *C*, auf dessen beiden einander gegenüberstehenden Armen die Nonien *f* befestigt sind, während an das Ende des dritten ein nach oben gabelförmiger Träger *D* senkrecht angeschraubt ist. In diesem hängt zwischen zwei starken Schraubenspitzen, *c*, die durch Gegenmuttern festgestellt werden können, das Collimator-Fernrohr *J*. Es wird in horizontaler Lage gehalten durch einen nach unten gehenden Arm *K*, dessen Ende mittelst einer Regulirschraube *d* gegen die Vorderfläche des Trägers *D* sich stützt. Der geränderte Kopf der Regulirschraube steht, der Hand des Beobachters leicht zugänglich, frei vor und macht es bequem, während des Durchsehens die Neigung des Rohrs zu verändern, während eine Zugschraube *e* die Stellung nach vollbrachter Regulirung auch vollständig zu fixiren erlaubt. Diese Befestigungsweise hat sich als ebenso sicher wie bequem erwiesen. Selbst wenn das Rohr zum Zwecke leichterer Verpackung des Instruments nach dem Gebrauch abgenommen und später wieder eingehängt wird, stellt sich die richtige Lage der Axe so genau, als für die Messungen überhaupt nöthig ist, von selbst wieder her, wenn man die Vorsicht gebraucht, die Regulirschraube inzwischen nicht zu verstellen.

Was das Collimator-Fernrohr anlangt, so ist bei Ausführung der oben im Allgemeinen erörterten Einrichtung darauf Bedacht genommen, das Gesichtsfeld des Oculars möglichst frei zu halten,

damit das Auffinden der Bilder vor der vollkommenen Regulirung von Beobachtungsrohr und Prisma nicht erschwert werde. Es ist deshalb das Diaphragma im Focus des Objectivs wie bei einem gewöhnlichen Fernrohr kreisförmig ausgeschnitten (Taf. IV Fig. 2) und die Backen des Spaltes sind durch ziemlich schmale Stahlstreifen *k* dargestellt, welche von beiden Seiten in diese kreisförmige Oeffnung hineinragen und, in der Mitte mit genau gerichteten Schneiden zusammenstossend, den Spalt bilden. Die eine Backe ist fest, die andere zwischen Coulissen verschiebbar in die Diaphragmaplatte eingelassen, so dass die eine Schneide mittelst Schraube (*b*) und Feder (*l*) der andern beliebig genähert werden kann. — Dabei ist der Spalt so justirt, dass der vom Prisma beleuchtete und dadurch dem Ocular verdeckte Theil, der als Lichtquelle wirksam wird, möglichst genau in der Mitte des Diaphragma's, also in der Axe des Rohrs endet; die Schneiden aber sind über die Mitte hinaus verlängert und bilden oberhalb einer kleinen kreisförmigen Ausbohrung — wie die Zeichnung erkennen lässt — einen ganz kurzen, im Ocular sichtbaren Spalt, welcher zur Einstellung des Bildes dient. Er soll die genaue Fortsetzung der unteren Schneiden repräsentiren, was bei einiger Sorgfalt in aller Schärfe ausführbar ist. Bei dieser Einrichtung bleibt nicht nur die obere Hälfte der Focalebene, sondern auch der grössere Theil der unteren der Beobachtung frei zugänglich; nur ein schmaler horizontaler Streifen unterhalb der Mitte wird durch die Backen des Spaltes verdeckt. Um aber bei den Operationen zur Orientirung des Instruments ein Bild auch dann nicht zu verfehlen, wenn es gerade in der Höhe dieses Streifens in das Gesichtsfeld treten sollte, so ist in der beweglichen Backe eine kreisförmige Durchbohrung angebracht, durch welche hindurch es wenigstens im Vorbeipassiren bemerkt werden muss. — Um die Beleuchtung des unter der Axe liegenden Spaltes zu bewirken, ohne störendes Licht in das Sehfeld einzulassen, ist das hinter den Spalt gestellte niedrige Reflexionsprisma *m* durch ein parallelepipedisches Glasstück, mit dem es ein Ganzes ausmacht, verlängert, wodurch die Kathetenfläche, durch welche die seitlich einfallenden Lichtstrahlen eintreten sollen, ganz an den Rand der Diaphragmaplatte rückt. Auf diese Weise verschliesst sie die ihr dicht gegenüber in der Wand der Ocularhülse angebrachte Oeffnung; und wenn die übrigen Seitenflächen des Glasstücks mit schwarzem Lack überzogen sind, die Hypotenusenfläche aber durch ein Metallplättchen verdeckt ist, bleibt das Sehfeld selbst vollkommen dunkel.

Die Diaphragmaplatte bildet, um ihr den zur Befestigung der S'GRAVESAND'schen Schneiden erforderlichen Durchmesser geben zu können, den Deckel einer flachen Trommel, auf deren cylindrisch abgedrehten Rand die das Ocular tragende Messinghülse aufgeschoben wird. Die Schraube *b* zur Regulirung des Spaltes bleibt ausserhalb derselben der Hand des Beobachters zugänglich. Das Ganze, Trommel mit Spalt und Ocular, bildet den Kopf eines Auszugs am Collimatorrohr, durch dessen Verschiebung die Einstellung des Spaltes in den Brennpunkt des Objectivs bewirkt werden kann.

Mit dem Theilkreis des Instruments ist an dem hier beschriebenen, für genauere Messungen bestimmten Exemplar ein kleinerer Hilfskreis *E* ohne Theilung, zur Repetition der Winkel, verbunden. Zu dem Zwecke trägt die stählerne Drehungsaxe des Theilkreises einen zweiten kürzeren Conus über der Fläche des Kreises hervorstehend. Auf ihm ist der Kreis *E* mittelst conischer Büchse aufgesteckt, so dass er sich unabhängig vom Hauptkreis um die gemeinsame Axe drehen aber auch nach Bedürfniss durch eine Klemme mit Feinschraube fest mit jenem verbinden lässt [1]).

Auf diesen Hilfskreis ist hier — in derselben Weise, wie es bei kleineren Instrumenten unter Wegfall der Repetitionsvorrichtung unmittelbar auf dem Hauptkreis geschehen könnte — die Vorrichtung aufgesetzt, welche zur Aufnahme und zur Regulirung der Prismen dient. — Ihre Construction weicht wesentlich ab von dem sonst üblichen Tischchen mit Schraubenfüssen. In geringer Höhe über der ebenen Fläche des Kreises liegt zunächst, dieser parallel, eine Metallplatte *F* in Form eines gleichseitigen Dreiecks, deren eine Seite zwischen zwei Schraubenspitzen *a* wie in einem Charnier sich dreht, während in der Nähe der gegenüberstehenden Ecke eine Schraube *b* mit gerändertem Kopfe einen stellbaren Fuss bildet. Durch eine federnde Platte — unter dem Kopf einer durch das Dreieck hindurchgeführten Zugschraube — wird dieser Fuss fest gegen die Kreisfläche angedrückt, wobei für die Bewegung der Fussschraube noch hinreichender Spielraum bleibt. Auf dieser dreieckigen Platte erhebt sich nahezu über der Mitte des Theilkreises ein senkrechter Ständer *G* und trägt in einer cylindrischen Hülse von ca. 6 Cm. Weite eine ringförmige Scheibe *H* von ca. 10 Cm. äusserem Durchmesser, welche sich unter mäs-

1) Die Klemmvorrichtung ist der Deutlichkeit wegen in der Zeichnung fortgelassen.

siger Reibung aber ohne Spielraum in jener Hülse rund umdrehen lässt. Die äussere ebene Fläche dieses Ringes liegt parallel dem Charnier der Grundplatte und sehr nahe in der Axe des Theilkreises, während die Visirlinie des Beobachtungsrohrs durch seinen Mittelpunkt geht.

Der bequemen Drehung wegen ist der äussere Umfang des Ringes *H* gerändert, seine Fläche aber trägt nahe am Rand zwei Klemmfedern, so wie solche beim Mikroskop zum Festhalten der Objecte im Gebrauch sind, mit deren Hilfe das zu untersuchende Prisma, angekittet an eine geschwärzte runde Messingscheibe von 2—3 Mm. Dicke und etwa 9 Cm. Durchmesser, auf dem Ring befestigt wird. Die an der Messingscheibe anliegende Fläche des Prisma's bleibt dabei durch eine centrale Oeffnung von passender Grösse in jener Scheibe, zugänglich.

Als letzter Bestandtheil des Instruments bleibt noch die einfache Mikrometervorrichtung zu beschreiben, welche dazu dienen soll, kleine Winkeldifferenzen unabhängig vom Theilkreis, und zwar genauer zu messen, als es die Ablesung der Kreistheilung erlauben würde. Um eine solche herzustellen, ohne dem Instrument Theile zufügen zu müssen, die ausserdem entbehrlich wären, ist die auf alle Fälle erforderliche Vorrichtung zur Feststellung und feinen Bewegung des Kreises in einer Form ausgeführt, welche erlaubt, die Schraube zur feinen Bewegung zugleich zur Messung dieser Bewegung zu verwenden. Zu dem Ende ist die Drehungsaxe unmittelbar unter der Scheibe des Theilkreises auf die Länge von 10—15 Mm. cylindrisch abgedreht und zwischen Kreis und Büchse ein massiver Ring eingelegt, der mittelst eines in seine Wand eingefügten Keiles und einer diesen bewegenden Druckschraube fest an die Axe angeklemmt werden kann. Von diesem Ring geht, von der Scheibe des Theilkreises bedeckt, ein hinreichend steifer Arm *h* in radialer Richtung ab und tritt mit sammt der unter ihm hinlaufenden verlängerten Spindel jener Druckschraube durch einen Ausschnitt im Träger *D* hindurch, vor dessen vorderer Wand er endet, während der geränderte Kopf *g* der Schraube einige Cm. weiter vorsteht.

Eine sorgfältig geschnittene Mikrometerschraube *i* deren Mutter an dem Träger *D* seitlich vom Ausschnitt befestigt ist, schiebt einen stählernen Anschlag am Ende des Armes *h* vor sich her, während dieser durch eine kräftige Feder ihr entgegengedrückt wird. — Die Bewegung, welche die Mikrometerschraube dem Theilkreis mittheilt, wenn der Arm *h* durch Anziehen des Schrauben-

kopfes g an die Axe angeklemmt ist, wird in der bekannten Weise mittelst einer getheilten Trommel gemessen, deren scharfer Rand zugleich zum Abzählen der ganzen Umdrehungen an einer kleinen auf dem feststehenden Index angebrachten Theilung dient.

3. Justirung des Spectrometers.

Was den Gebrauch des im Vorstehenden beschriebenen Instrumentes anlangt, so mögen zunächst die Operationen betrachtet werden, welche zur Vorbereitung der eigentlichen Messungen erforderlich sind. Als solche kommen ausschliesslich in Frage:

1) die Justirung des Collimator-Fernrohrs, in Hinsicht auf die Stellung des Spaltes und die Richtung der Axe;

2) die Orientirung des Prisma's; und — wenn man die, ein für alle mal auszuführende Ermittelung einer constanten Reductionszahl zu diesen Operationen rechnen will,

3) die Bestimmung des Winkelwerthes eines Umgangs der Mikrometerschraube.

Was die Justirung des Rohrs anlangt, so wird der erste Schritt darauf zu richten sein, die S'Gravesand'schen Schneiden in dem Diaphragma des Ocularauszugs genau in den Focus des Objectivs zu bringen. Dies geschieht am zweckmässigsten, indem man irgend eine gut geschliffene Planfläche (etwa an einem Prisma) auf das Instrument bringt und das von ihr entworfene Bild des Spaltes aufsucht. Da eine Abweichung der Lichtquelle vom Brennpunkt des Objectivs eine gleich grosse des Bildes in entgegengesetzter Richtung nach sich zieht, die Längenabweichung zwischen Spalt und Bild also doppelt so gross wird, so gibt das Erscheinen eines scharf begrenzten Bildes, welches zwischen die Schneiden eingestellt, keine Parallaxe zeigt, ein sehr empfindliches Kennzeichen für den richtigen Ort des Spaltes. — Natürlich wird man bei dieser Operation letztern hinreichend intensiv beleuchten, aber zugleich auch darauf Bedacht nehmen, dass das ganze Objectiv wirksam ist. Desshalb eignet sich hierzu directes Sonnenlicht nicht, weil bei dem geringen Winkeldurchmesser der Sonne nur sehr enge Strahlenkegel vom Spalt zum Objectiv gelangen, wohl aber eine helle Wolke oder eine, nahe am Instrument stehende Lichtflamme.

Den Auszug des Fernrohrs beim Befestigen von Zahn und Trieb so zu reguliren, dass der Spalt senkrecht zur Ebene des Theilkreises zu stehen kommt, ist füglich Sache des Mechanikers

und hat für diesen auch keinerlei Schwierigkeit. Aus nahe liegenden Gründen braucht diese Anforderung nur annähernd erfüllt zu sein.

Die Einstellung der Axe des Collimator-Fernrohrs senkrecht zur Drehungsaxe des Instruments wird sehr einfach mittelst einer planparallelen Platte ausgeführt die man auf den Ring *H* des Prismenträgers aufbringt. Angenommen zunächst, die Platte sei schon der Drehungsaxe parallel oder zum Theilkreis senkrecht, so würden die Bilder, welche beide Flächen bei Umdrehung des Kreises um 180° geben, jedenfalls in derselben Höhe durch das Gesichtsfeld passiren, wofern das Rohr nur so steht, dass sie überhaupt innerhalb desselben auftreten. Man brauchte alsdann nur durch Drehung der Schraube *d* das Rohr so weit zu neigen, dass jene Bilder, wenn sie in die Mitte des Gesichtsfeldes gebracht werden, gerade die Fortsetzung des verdeckten Theils vom Spalt bilden, ihr unteres Ende also innerhalb der kreisförmigen Oeffnung knapp den Rand dieser berührt. Steht aber — wie in diesem Stadium der Regulirung anzunehmen — die Planplatte der Drehungsaxe nicht parallel, so bilden die von der einen Fläche reflectirten Strahlen mit den von der andern reflectirten einen Winkel, der gleich dem doppelten Betrag jener Neigung ist; und es erscheinen demnach die von beiden Flächen entworfenen Spiegelbilder in ungleicher Höhe im Gesichtsfeld des Oculars. Man wird nun zunächst die Platte justiren, indem man durch Drehen der Fussschraube *b* das eine Bild dem andern um den halben Abstand entgegenführt; wonach dann das Fernrohr wie angegeben berichtigt wird. — Selbst bei einem vollständig derangirten Instrument wird es nach einigen Versuchen gelingen, zunächst ein Bild in das Gesichtsfeld zu bringen, um dann durch weiteres Probiren mittelst der beiden Schrauben auch das von der andern Seite der Platte zu erhalten; sind aber beide erst sichtbar, so ist das Weitere Sache weniger Handgriffe, die schnell und sicher sich ausführen lassen.

Die hierbei gemachte Voraussetzung einer parallelflächigen Platte braucht in Wirklichkeit keineswegs erfüllt zu sein. Vielmehr kann jedes beliebige Stück Spiegelglas dieselben Dienste thun, selbst wenn es nur unvollkommene Bilder gewährt. Denn die kleine Abweichung beider Flächen vom Parallelismus, die immer nur wenige Minuten beträgt, kann unschädlich gemacht werden, wenn man die Kante des Keiles, den eine solche Platte repräsentirt, zur Ebene des Theilkreises senkrecht stellt. Dazu aber

bietet die Beobachtung selbst die Hand. Denn jede Seite der Platte giebt in diesem Falle zwei Bilder des Spaltes — das eine durch directe Spiegelung an der vorderen Fläche, ein anderes durch Reflexion der in das Glas eingetretenen Strahlen an der Hinterfläche, letzteres ganz dem Spectralbild eines Prisma's entsprechend. In Folge des kleinen brechenden Winkels treten beide gleichzeitig im Gesichtsfeld auf, meistens sehr nahe neben oder übereinander, je nach der Stellung des Keiles. Dreht man nun, ein solches Doppelbild im Auge behaltend, den Ring des Prismenträgers bis beide Bilder gleich hoch neben einander stehen, so hat der Keil die verlangte Lage, und man kann nun diese Doppelbilder genau so wie die einfachen einer Parallelplatte zur Regulirung verwenden.

Die Justirung eines Prisma's fordert den Parallelismus seiner beiden Flächen mit der Drehungsaxe des Kreises, damit der Hauptschnitt des Prisma's der Ebene der Kreistheilung parallel sei und die Visirlinie des Collimatorfernrohrs in sich enthalte. Sofern man immer die letztere als schon berichtigt, d. h. zur Drehungsaxe senkrecht gestellt annimmt, wird das Kennzeichen für die richtige Orientirung des Prisma's, dass durch Drehung des Kreises beide Flächen nacheinander senkrecht auf die Visirlinie sich stellen lassen und dass also die von ihnen entworfenen Spiegelbilder, wenn sie in die Mitte des Sehfeldes kommen, genau die Fortsetzung des Spaltes bilden. — Die oben beschriebene Einrichtung des Prismenträgers gewährt nun nicht nur den Vortheil, Prismen jeder Grösse und Form, Krystalle, Bruchstücke von unregelmässiger Gestalt, ohne alle Vorbereitungen am Apparat anbringen zu können, da man sie nur mit etwas weichem Wachs oder dergl. an eine Scheibe mit passendem centralen Ausschnitt anzudrücken und diese Scheibe an den drehbaren Ring anzuklemmen hat, sondern sie macht auch die in Rede stehende Regulirung sehr viel leichter ausführbar, als es mit dem sonst üblichen Tischchen zumal dann der Fall ist, wenn nicht eine gut justirte Grundfläche die Stellung des Prisma's von Anfang an nahezu richtig macht. Wird nämlich das zu untersuchende Stück mit einer der wirksamen Flächen auf die ausgeschnittene Scheibe und sammt dieser auf den Ring des Prismenträgers gebracht, so kann die in der Ringebene liegende Fläche ausschliesslich durch Bewegung der Fussschraube *b* die richtige Stellung erhalten. — Wie nun auch die zweite Fläche dabei stehen mag, jedenfalls reicht jetzt die Drehung des Ringes hin, auch sie zu reguliren ohne die erste wieder zu verändern, da ja deren Normale mit der Axe des Ringes zusammenfällt. Man wird, von

[illegible] Stellung ausgehend, den Ring [illegible] fortdrehen, während das [illegible] und die andere Hand den Theil- [illegible] hin und her bewegt, bis das Spiegelbild [illegible] man den Theilkreis stehen [illegible] behaltend, durch eine letzte [illegible] rasch und sicher voll- [illegible] Stellung des [illegible] von denen [illegible] und [illegible] nicht. der [illegible]

[illegible]

wenn — wie bei dieser Einrichtung der Fall — die ganze Höhe des Spaltbildes oder die ganze Breite des Spectrums, wegen der geringen Länge des Spaltes, kaum $^1/_2{}^0$ beträgt, so wird die Regulirung hinreichend genau sein, wenn die verschiedenen Bilder überhaupt nur zwischen die sichtbaren Schneiden treten, so dass ihre Einstellung möglich wird, auch wenn dabei das eine etwas höher, das andere etwas tiefer liegt.

Grösseres Gewicht dagegen ist auf die genaue Justirung des Focus zu legen, weil schon eine kleine Abweichung der Spaltebene von ihm, abgesehen von der geringeren Deutlichkeit der Bilder, Anlass zu parallactischen Fehlern gibt, zumal dann, wenn in Folge zufälliger Aenderungen in der Beleuchtung abwechselnd andere Theile der Objectivöffnung in Wirksamkeit treten.

Die Ermittelung der Reductionsconstante für die mikrometrischen Bestimmungen setzt Nichts weiter voraus, als dass man irgend einen Winkel, dessen Grösse anderweitig genau bekannt ist und in den Grenzen des Mikrometers liegt, mittelst der Schraube ausmisst und aus der Vergleichung beider Aufgaben den Winkelwerth eines Trommelumgangs ableitet.

Die Data für eine solche Vergleichung können selbstverständlich ohne Weiteres durch den Theilkreis selbst erlangt werden, wenn man an diesem unmittelbar den Winkel abliest, um welchen der Kreis durch eine gewisse Anzahl Umdrehungen der Schraube fortbewegt wird. Wiederholt man diesen Versuch, den ganzen Spielraum der Mikrometerschraube benutzend, hinreichend oft, so wird das Mittel die Reductionsconstante schon so genau ergeben, dass die Unsicherheit der Mikrometermessung bei kleineren Winkeln, die nur einen Bruchtheil des ganzen Spielraums betragen, auf einen geringen Theil von der Unsicherheit der Kreisablesung reducirt ist. Auf bequemere Weise und mit noch grösserer Sicherheit lässt sich die fragliche Bestimmung indess ausführen, wenn das Instrument eine Vorrichtung zur Repetition der Winkel besitzt. Man befestigt alsdann zwei kleine Stücke gut geschliffenen Spiegelglases, deren eine Seite mit schwarzem Lack überzogen ist, mit Hilfe eines haltbaren Kittes dicht nebeneinander auf einer Glasplatte in der Art, dass die spiegelnden Flächen einen kleinen Winkel, etwa dem Umfang der Mikrometerschraube entsprechend, unter einander einschliessen. Diesen Winkel misst man nach demselben Verfahren wie den Winkel eines Prisma's, aber unter vielmaliger Repetition, mittelst des Theilkreises aus, so dass man seinen Werth bis auf einen kleinen Bruchtheil des Ablesungsfehlers

sicher erhält. Hierauf wiederholt man die Messung mehrere Male mit der Mikrometerschraube. Die Vergleichung beider Resultate gibt den Werth des Schraubenumganges in jeder nur irgend wünschenswerthen Genauigkeit, abgesehen natürlich von etwaigen Fehlern der Schraube und von denjenigen Differenzen, die bei grösseren Winkeln aus dem Mangel vollständiger Proportionalität zwischen Winkel und Schraubenbewegung entspringen [1]).

4. Das Verfahren bei der Messung.

In Bezng auf die Ausführung der Messungen bleibt, sofern zunächst nur die Beobachtungen an festen Prismen in Rede stehen, kaum etwas Weiteres zu erörtern übrig als einige Vorsichtsmaassregeln und einige zur Erleichterung der Arbeit nützliche Handgriffe.

Wenn das Collimator-Fernrohr und das Prisma nach dem beschriebenen Verfahren regulirt sind, so werden bei Drehung des Theilkreises nicht nur die Spiegelbilder von beiden Flächen, sondern auch zwei Spectra in der richtigen Höhe durch das Gesichtsfeld des Oculars hindurch passiren. Zu einer vollständigen Bestimmung des Brechungsexponenten gehört aber ausser der Einstellung auf die Spiegelbilder nur die auf eines der Spectra; und es würde für die Messung durchaus gleichgiltig sein, welches man wählt, wofern das Prisma sehr vollkommen plane Flächen besitzt. Wenn dies aber nicht der Fall sein sollte — und man wird immer wohl thuen in dieser Beziehung nicht zu viel voraus zu setzen — kann ein merklicher Fehler daraus entspringen, dass bei den verschiedenen Stellungen, in welche das Prisma durch die Drehung geführt wird, andere Punkte seiner Flächen in die Verlängerung der Fernrohraxe fallen und daher für das Zustandekommen des Spectralbildes nicht genau diejenigen Flächentheile wirksam sind, an welchen der brechende Winkel gemessen wird. Diese Fehlerquelle, deren Vorhandensein sich auch bei sonst ganz brauchbaren Prismen oft genug constatiren lässt, und welche bei anderen Spectrometern nur schwer ausgeschlossen werden kann, ist mit dem hier angewandten Beobachtungsverfahren ohne Weiteres beseitigt,

---

1) Eine kleine Erleichterung bei der Reduction der Mikrometerangaben erzielt man, wenn der Schraubenumgang nahezu eine ganze Anzahl Minuten beträgt, etwa 6 oder 10; was sich ohne alle Schwierigkeit ausführen lässt. Die Theilung der Trommel wird dann so eingerichtet, dass die Ablesung unmittelbar auf Minuten und Secunden lautet, die unvermeidliche kleine Abweichung aber wird durch eine Correction an den abgelesenen Zahlen berücksichtigt.

wenn eine Fläche des Prisma's nahehin in die Drehungsaxe gebracht und nur das Spectralbild von der Seite dieser centrirten Fläche benutzt wird. Denn eine einfache Ueberlegung zeigt, dass dann — und auch nur dann — die Fernrohraxe, also die Mittellinie des wirksamen Strahlenbündels, bei der Einstellung der zwei Spiegelbilder die Prismenflächen in denselben Punkten trifft, welche bei der Einstellung auf das bezeichnete Spectralbild die Mitten der wirksamen Flächentheile bilden.

Bei der oben beschriebenen Construction des Prismenträgers ist diese Maassregel darin vorgesehen, dass die Ebene des Ringes in die Drehungsaxe des Kreises gelegt ist. Es wird dabei vorausgesetzt, dass man das Prisma dem Innern des Ringes zugekehrt aufbringt, der Art also, dass die in die Ringebene fallende Fläche nach der Seite der Fussschraube *b* hin frei liegt, weil nur in diesem Falle auch bei grösserem Brechungswinkel und dadurch bedingter sehr schiefer Incidenz die Beobachtung doch nie durch die dicke Wand des Ringes behindert sein wird.

Die eben erwähnte Vorsichtsmaassregel, welche nie ausser Acht bleiben darf, wenn es sich um grosse Genauigkeit der Messungen handelt, lässt bei Beobachtungen mit directem Sonnenlicht noch eine kleine Ergänzung zu, um zu verhindern, dass nach einander andere Theile des Fernrohrobjectivs in Wirksamkeit treten und dadurch die erwähnte Fehlerquelle, freilich in sehr viel geringerem Spielraum, wieder eröffnet werde. Führt man nämlich dem Spalt durch Vermittelung des Reflexionsprisma's und irgend anderer ebener Spiegel Sonnenlicht zu, so geht von jedem Punkte des Spaltes ein Strahlenkegel von nur $1/2^\circ$ Winkelöffnung aus. Da aber das Fernrohrobjectiv doch immer 4—5 Grad Oeffnungswinkel haben wird, so nimmt dieser Strahlenkegel nur einen kleinen Theil der Objectivöffnung, und damit auch nur einen kleinen Theil des ihr entsprechenden Umfangs der Prismenflächen in Anspruch; und zwar immer andere Theile, wenn die Einfallsrichtung der Strahlen um ein Weniges wechselt. Einen solchen Wechsel, der sich direct kaum verhindern oder auch nur controliren lässt, auszuschliessen oder doch auf beliebig enge Grenzen einzuschränken, genügt das einfache Mittel, ein für alle mal einen bestimmten Theil der Objectivöffnung durch eine Blendung abzugrenzen; und man erreicht hierdurch, wenn man diese Begrenzung nicht aussen vor dem Objectiv, sondern durch ein geschwärztes Diaphragma im Innern des Rohrs bewirkt, noch den weitern Gewinn, störende Reflexe von de[illegible]s Objectivs verhindern zu können, welche sonst

beim Arbeiten mit Sonnenlicht die Beobachtung der lichtschwachen Theile eines Spectrums leicht beeinträchtigen. Die für Sonnenlicht freibleibende Oeffnung kann in dieser Art ohne irgend eine Verminderung der Lichtstärke recht wohl auf weniger als den vierten Theil des Durchmessers reducirt werden, da ja unter allen Umständen doch nur ein noch kleinerer Theil des Objectivs thatsächlich wirksam ist; nur wird es natürlich etwas schwieriger, die volle Beleuchtung fest zu halten, wenn sich die Einfallsrichtung der Strahlen ändert. Unter Beobachtung dieser Cautelen reicht selbst zu genauen Messungen schon ein kleines Prisma von geringer Vollkommenheit aus, sofern sich an ihm nur einander correspondirende hinreichend plane Stellen von $^1/_2$ bis 1 Quadratcentimeter Fläche finden.

Für die Beobachtung ist in den meisten Fällen eine weitere Zurichtung der Prismen nicht erforderlich. Nur wenn es darauf ankommt, die Untersuchung der Dispersion auch auf die lichtschwachen Theile des Sonnenspectrums oder auf die feineren und schwieriger erkennbaren Fraunhofer'schen Linien auszudehnen, wird es nöthig, die Reflexion an der hintern Fläche durch eine Metallbelegung zu unterstützen, die sich mittelst Zinnfolie und Quecksilber leicht herstellen lässt[1]). Man kann diese Belegung vor der Messung des brechenden Winkels schon bewirken, muss in diesem Falle aber — um nicht die Beobachtung des einen Spiegelbildes unmöglich zu machen — einen Theil der Glasfläche frei lassen.

Für die Beleuchtung des Spaltes genügt bei allen Beobachtungen, die nicht der scharfen Fixirung einzelner Farben bedürfen, das Licht einer seitlich vom Ocular aufgestellten Lichtflamme oder das diffuse Tageslicht, welches man von einer weissen Fläche, oder mittelst eines Spiegels vom Wolkenhimmel auf den Spalt leitet. — Wie aber zum Zweck der übrigen Messungen Bunsen'sche Flammen[2]), der Inductionsfunke oder das Sonnenlicht zu ver-

---

1) Man führt diese Manipulation jeder Zeit in wenigen Augenblicken aus, indem man ein Streifchen Stanniol auf einer ebenen Unterlage glatt streicht, ein paar Tropfen Quecksilber darüber giesst und nachdem das Oxydhäutchen abgestrichen ist, die gereinigte Glasfläche vom Rande aus langsam aufschiebt. Drückt man das Prisma dann mit dem Finger fest auf und streicht das anhängende Stanniol rund herum ab, so ist die Belegung fertig und zu augenblicklichem Gebrauch bereit.

2) Zur Messung des Brechungscoefficienten der dem Fraunhofer'schen *D* entsprechenden Strahlen reicht übrigens schon die mit Kochsalz gefärbte Spiritusflamme vollkommen aus.

wenden sind, braucht hier nicht erörtert zu werden, da die Verfahrungsweisen hier die nämlichen bleiben, wie bei der Benutzung jedes andern Spectralapparates. Nur darauf sei hingewiesen, dass die Regulirung und die Controle der Beleuchtung in allen Fällen am sichersten und einfachsten bewirkt wird, indem man durch das Objectiv des Collimatorfernrohrs nach dem Spalte hinsieht und darauf achtet, dass er im ganzen Umfang der Objectivöffnung hell erleuchtet erscheine. In Bezug auf die Benutzung des Sonnenlichtes aber sei noch bemerkt, dass das Zusammenfallen von Collimator und Beobachtungsrohr bei dem beschriebenen Instrument einen selbstthätigen Heliostat leicht entbehrlich macht. Ein kleiner, in zwei Richtungen drehbarer Planspiegel, so wie er an Mikroskopen benutzt wird, auf einem passenden Stativ seitlich vom Ocular aufgestellt, so dass er der Hand des Beobachters zu steter Nachhilfe während der Beobachtung bequem zugänglich ist, reicht unter allen Umständen vollkommen aus, die Beleuchtung hinreichend constant zu erhalten, namentlich wenn man zur Unterstützung an der gegenüberliegenden Wand die Stelle markirt, auf welche der Schatten der Ocularhülse beim richtigen Einfall treffen muss. — Selbstverständlich wird man bei derartigen Beobachtungen nicht nur das Auge, sondern auch das Instrument durch geeignete Schirme gegen directes Licht schützen, — den Prismenträger am besten mit einer auf den Kreis gestellten cylindrischen Hülse aus geschwärzter Pappe, welche nur in der Höhe des Objectivs einen passenden Ausschnitt hat.

Wenn es sich darum handelt, die Messungen am Instrument zu vervielfältigen, um den Einfluss sowohl des Ablesungs- wie des Einstellungsfehlers zu vermindern, so bleibt ausser der einfachen Wiederholung der nämlichen Reihe von Einstellungen noch die Wiederholung in umgekehrter Lage des Prisma's zur Verfügung. Man dreht zu dem Zweck den Ring mit dem Prisma um 180°, wobei die in der Ringebene liegende Fläche von selbst justirt bleibt, während die andere durch Einstellung des Spiegelbildes oder des Spectrums neu regulirt wird. Besitzt das Instrument indess den bei der Beschreibung erwähnten Hilfskreis, so wird die Vervielfältigung der Messungen am zweckmässigsten durch Repetition der Winkel α und β nach dem bei Theodolithen üblichen Repetitionsverfahren bewirkt, indem man nach Durchlaufen des betreffenden Winkels auf dem Hauptkreis, diesen feststellt und das Prisma mittelst des Hilfskreises auf die anfängliche Stellung zurückführt, um hierauf dieselbe Drehung von Neuem mit dem Hauptkreise

wiederholen zu können. — Dasselbe Verfahren kann natürlich auch bei der mikrometrischen Messung verwandt werden, wenn der zu bestimmende Winkel so klein ist, dass ein Vielfaches von ihm in den Grenzen des Mikrometers bleibt.

5. Die Untersuchung von Flüssigkeiten im Hohlprisma.

Bei der Beobachtung einer Flüssigkeit, die in einem Hohlprisma eingeschlossen ist, bleibt das Verfahren in allen wesentlichen Stücken das nämliche wie bei Beobachtung fester Prismen. Zu erörtern ist daher nur die Einrichtung des zu verwendenden Hohlprisma's und die Ausführung einiger Hilfsmessungen, welche in diesem Falle, der unter Umständen erforderlichen Correctionen wegen, nöthig werden können.

Was das erste anlangt, so scheinen mir die Ansprüche, welche in Bezug auf Leichtigkeit der Füllung und des Verschlusses, Sparsamkeit im Substanzverbrauch, Bequemlichkeit der Reinigung und Einfachheit der Application zu stellen sind, durch die folgende Einrichtung mit verhältnissmässig geringen Mitteln erfüllt. — Der Körper des Hohlprisma's ist ein keilförmiger Abschnitt von einer dickwandigen Glasröhre, die ca. 12 Mm. inneren und ca. 22 Mm. äusseren Durchmesser besitzt. Von den beiden gut plan geschliffenen und polirten Schnittflächen steht die eine senkrecht zur Axe der Röhre, während die andere gegen sie unter dem Winkel geneigt ist, den das Prisma haben soll (24—27°). In die cylindrische Wand des Röhrenabschnittes sind an zwei gegenüberliegenden Stellen schmale Rinnen, parallel mit der zur Axe geneigten Grundfläche, eingeschliffen. Der Verschluss erfolgt durch zwei runde, 3—4 Mm. dicke und beiderseits vollkommen plane Crownglasplatten von ca. 30 Mm. Durchmesser. Von diesen ist die eine fest in eine geschwärzte Messingscheibe gefasst, wie zur Application der gewöhnlichen Prismen gebraucht wird. Auf die eine Fläche der anderen Platte werden an gegenüberliegenden Stellen nahe am Rande zwei schmale Glasleistchen aufgekittet, so dass die kreisförmige Basis des Prismenkörpers zwischen ihnen gerade Platz hat; ihre zweite Fläche wird mit einem 8—10 Mm. breiten Streifen Folie belegt.

Beim Zusammenfügen wird der keilförmige Körper des Prisma's mit seiner elliptischen Fläche auf die in der Metallscheibe befestigte Glasplatte aufgelegt und durch eine gabelförmige federnde Klammer, welche in die vorher erwähnten Rinnen in der äussern

Wand eingreift und mittelst einer kleinen Schraube gegen die Messingscheibe angezogen werden kann, mit mässigem Druck angepresst. Hierauf füllt man den Hohlraum, während seine obere Oeffnung horizontal gehalten wird, mit der betreffenden Flüssigkeit so weit, bis ein flacher Meniscus übersteht, und schiebt endlich die zweite Planplatte vom dickeren Theile des Prisma's her vorsichtig auf. — Einer Befestigung dieser Deckplatte bedarf es nicht; bei gut geschliffenen und sorgfältig gereinigten Flächen bewirkt die Adhäsion einen vollkommen sichern Schluss, wofern nur das Herabgleiten der Platte — durch die angekitteten Glasleistchen — verhindert ist.

Mit Hilfe der runden Scheibe wird das so hergerichtete Hohlprisma, dessen Zusammensetzung auf Taf. IV Fig. 3 skizzirt ist, genau in derselben Weise, wie für gewöhnliche Prismen beschrieben, am Spectrometer befestigt, so dass die foliirte Deckplatte nach dem Innern der Ringes am Prismenträger zu liegen kommt. Auch die Justirung der beiden äusseren Flächen so wie die Einstellung auf die Spiegelbilder des Spaltes und auf das Spectrum kehrt in derselben Form wieder. Nur für den Fall, dass die beiden Planplatten nicht vollkommen parallelflächig sind, bedarf es noch einiger Hilfsbestimmungen, um die wegen dieser Abweichung erforderlichen Correctionen ausführen zu können.

Unter der Voraussetzung, dass die Abweichung vom Parallelismus bei beiden Platten nur einige Bogenminuten beträgt, reicht es für jenen Zweck vollkommen aus, wenn nach Justirung der beiden äusseren Prismenflächen noch die Winkel bestimmt werden, welche die Normalen der beiden innern Flächen, in der Projection auf die Ebene des Theilkreises, mit den Normalen jener äusseren Flächen einschliessen, weil alle Ablenkungen, welche in der Richtung senkrecht zur Ebene des Hauptschnittes eintreten, so lange dieselben klein sind, auf die Messung keinen Einfluss gewinnen. Die verlangten Winkel aber lassen sich bei der Beobachtung der Spiegelbilder der äusseren Flächen sehr leicht mit bestimmen, indem man auf die zwar lichtschwachen aber doch immer sichtbaren [1]) Nebenbilder des Spaltes, welche die Reflexion an den Grenzflächen zwischen Glas und Flüssigkeit ergiebt, beiläufig mit einstellt. Misst man mittelst des Mikrometers am Instrument den

1) Sollte aber der Brechungsindex der Flüssigkeit dem des Crownglases so nahe liegen, dass diese Nebenbilder unsichtbar bleiben, so würde auch jede Correction unnöthig sein.

Winkel r, um welchen je eines dieser Nebenbilder von dem ihm benachbarten Reflexbilde der äussern Prismenfläche abliegt, so steht der gefundene Betrag zu dem gesuchten Winkel u, den die betreffende Platte vermöge ihrer Keilform in die Ebene des Theilkreises einführt, in der Beziehung

$$\sin v = \nu \sin u$$

wo ν den Brechungsindex des angewandten Glases bedeutet. — Wegen der Kleinheit von u und v wird man aber ohne wahrnehmbaren Fehler, wofern Crownglas vorliegt, $\nu = 1{,}5$ setzen und statt der Sinus die Winkel selbst verwenden dürfen, so dass also einfach

$$u = \frac{2}{3} \cdot v$$

das gesuchte Datum ergiebt. — Nach welcher Seite aber die innere Fläche einer Platte gegen die äussere geneigt ist, ergiebt sich sogleich, indem man auf die gegenseitige Lage der beiden zusammengehörigen Spaltbilder im Gesichtsfelde des Beobachtungsrohrs achtet; und zwar gilt dabei die leicht abzuleitende kurze Regel: der dickere Rand der Platte liegt nach derjenigen Seite, nach welcher im Fernrohr das Nebenbild des Spaltes erscheint.

In dieser Weise sind die zur vollständigen Berechnung der Messungen erforderlichen Data jederzeit während der Messung selbst zu gewinnen. Da es indess keinerlei Schwierigkeiten findet, Platten von den hier in Rede stehenden Dimensionen bis auf wenige Bogensecunden genau parallelflächig herzustellen, so werden bei einem gut gearbeiteten Apparat derartige Hilfsbestimmungen überhaupt nicht vorkommen. Wo jedoch die Abweichungen nicht zu vernachlässigen sind, lässt sich die Ermittelung der Correctionsdata noch erheblich vereinfachen, wenn man die Winkel der Platten vor der Zusammensetzung des Hohlprisma's ein für alle mal bestimmt und Vorkehrungen trifft, dass die Abweichungen vom Parallelismus immer in derselben Weise zur Geltung kommen. Zu dem Zweck ist nichts weiter erforderlich, als dass an dem Körper des Prisma's und an jeder Platte derjenige Durchmesser, in welchem der Winkel liegt, sichtbar markirt werde, damit beim Zusammensetzen die Hauptschnitte der drei keilförmigen Stücke stets nahehin parallel gerichtet werden können. Wegen der immer vorauszusetzenden Kleinheit der Platten-Winkel ist alsdann jeder von ihnen stets mit seinem vollen Betrag als wirksam anzunehmen, selbst wenn die Hauptschnitte der Platten in Wirklichkeit um mehrere Grade von dem des Prisma's abweichen sollten.

Die Neigung der Flächen einer keilförmigen Platte und die Lage des Keiles wird man natürlich am Spectrometer bestimmen. Man bringt die betreffende Platte ganz wie ein Glasprisma auf den Prismenträger, stellt auf das Reflexbild der vordern Fläche ein und dreht den Ring so weit, bis das daneben auftretende durch Reflexion an der hintern Fläche entstandene Spaltbild (welches bei grösserem brechenden Winkel offenbar als das Spectrum erscheinen würde) genau in gleicher Höhe im Gesichtsfeld auftritt. Derjenige Durchmesser der Platte, welcher jetzt der Ebene des Theilkreises parallel steht, entspricht der Richtung des Keiles. Der Neigungswinkel aber wird auch in diesem Falle wieder am leichtesten und genauesten erhalten, indem man den Winkel zwischen den beiden nebeneinander auftretenden Spaltbildern mikrometrisch misst und seinen Betrag durch den Brechungsindex des Crownglases dividirt.

Die hier beschriebene Construction des Hohlprima's ist gegenüber den sonst gebräuchlichen Formen, was die Leichtigkeit der Herstellung und die Bequemlichkeit der Handhabung anlangt, entschieden im Vortheil, dagegen darin im Nachtheil, dass bei ihr die Temperatur der Flüssigkeit nicht durch ein in das Prisma selbst eingelassenes Thermometer bestimmt werden kann. Indess ist hierbei zu bedenken, dass genaue Temperaturmessung doch nur möglich ist, wenn die Temperatur an dem betreffenden Object stationär, also auch mit derjenigen der nächsten Umgebung gleich geworden ist. Alsdann aber braucht man auch keinen merklichen Fehler zu befürchten, wenn das Gefäss des Thermometers dicht neben dem Prisma innerhalb eines den ganzen Prismenträger überdeckenden Behälters — am besten aus Metall — angebracht wird.

Beiläufig sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass für Untersuchungen an Flüssigkeiten die hier zu Grund gelegte Beobachtungsweise noch andere Combinationen zulässt, welche in Hinsicht auf manche specielle Aufgaben erhebliche Vortheile darbieten würden. — Wenn es sich z. B. darum handelt, die Veränderung des Brechungsexponenten einer Flüssigkeit bei wechselnder Temperatur genau zu bestimmen, so würde es offenbar von grossem Nutzen sein, wenn *alle* zur Berechnung dieser Veränderung nöthigen Data, also sowohl der brechende Winkel des Prisma's wie auch die Ablenkung der Strahlen, in ihren *Differenzen* von einer Beobachtung zur andern, selbständig durch *mikrometrische* Mes[illegible]lten werden könnten. In der That ist diess möglich,

wenn man ein Hohlprisma mit reflectirender hinterer Fläche so construirt, dass die gebrochenen und an der letzten Fläche reflectirten Strahlen nach ihrem Austritt nahehin in der Richtung der Normalen zur vordersten Fläche verlaufen, und wenn ausserdem eine andere spiegelnde Fläche, die dem Beobachtungsrohr gleichzeitig mit der Vorderfläche zugänglich ist und deren Normale ebenfalls jene Richtung hat, in unveränderliche Verbindung mit der Hinterfläche gebracht wird. Beiden Anforderungen kann offenbar genügt werden, wenn man die betreffende Flüssigkeit zwischen einer Planplatte und einem festen Prisma von angemessenem Winkel einschliesst, der Art, dass letzteres dem Collimator-Fernrohr zugewandt ist, die äussere Fläche der Platte dagegen die spiegelnde Rückwand bildet. Auf dieser Platte aber müsste an der dem Fernrohr zugewandten Seite ein zweites Prisma, fest aufgekittet, so angebracht werden, dass seine freie Fläche der Vorderfläche des andern nahehin parallel steht und neben ihr von einem Theile des Fernrohrobjectivs Strahlen empfängt. Es würden alsdann, nach gehöriger Justirung, in geringem Winkelabstand von einander drei Spaltbilder, zwei durch einfache Reflexion, das dritte durch Brechung und Reflexion erzeugt, sichtbar werden. Die mikrometrische Messung der Winkel zwischen ihnen würde die Veränderungen sowohl des brechenden Winkels der Flüssigkeit wie auch der an der Trennungsfläche von Glas und Flüssigkeit eintretenden Brechung ergeben, wenn durch vorausgehende Beobachtungen der Winkel zwischen der freien Fläche des Hilfsprisma's und der Rückwand der Platte so wie der Winkel des wirksamen Prisma's ein für alle mal bestimmt worden ist.

Ein derartig zusammengesetztes Flüssigkeitsprisma — dessen Herstellung keinerlei Schwierigkeiten bieten würde — könnte allerdings nicht ohne Weiteres in der oben beschriebenen Weise an dem Spetrometer angebracht werden. Indess würde auch gar kein Grund vorliegen, es mit einem Theilkreise zu verbinden, da die erforderlichen mikrometrischen Messungen in diesem Falle viel zweckmässiger mit einem beweglichen Fadenkreuz neben dem lichtgebenden Spalt im Collimator-Fernrohr auszuführen wären. Ein nach diesem Princip zu construirendes Variations- oder Differential-Spectrometer würde daher nur ein einfaches festes Gestell für die Prismencombination und ein davon unabhängig aufzustellendes Collimator-Fernrohr mit Ocular-Schraubenmikrometer nöthig machen. — Nach derselben Methode könnte übrigens auch die Temperaturvariation im Brechungsexponenten eines Glaspris-

ma's in grosser Genauigkeit ermittelt werden, wenn man auf die dem Fernrohr zugewandte Prismenfläche ein zweites kleineres Prisma von solchem Winkel befestigt, dass das von ihm herrührende Spiegelbild sich auf das gleichzeitig im Gesichtsfeld erscheinende Spectrum projicirt.

6. Die Berechnung der Messungsresultate.

Die Ableitung des Brechungsindex irgend einer Farbe aus den an einem festen Prisma gemessenen Stücken, den beiden Winkeln α und β, ist nach dem Früheren von selbst erledigt. Dagegen bedarf die Reduction der Beobachtungen an einem Hohlprisma mit keilförmigen Schlussplatten noch einer näheren Erörterung. —

Sei α wieder der Winkel zwischen den beiden äussern Flächen des Hohlprisma's und β, wie früher, der Winkel, den die Axe des Collimators bei der Einstellung auf irgend eine Stelle des Spectrums mit der Normalen der vordersten Fläche bildet; u_1 und u_2 seien die kleinen Winkel, welche die Platten im Hauptschnitt des Prisma's ergeben, positiv gerechnet, wenn der betreffende Keil ebenso liegt wie der Körper des Prisma's; ν endlich bezeichne den bekannten Brechungsindex des angewandten Glases, n denjenigen der Flüssigkeit für die eingestellte Farbe. — Die drei brechenden Flächen im Prisma seien, von der hintersten ausgehend, durch die Zahlen 1, 2, 3 unterschieden und die Winkel, welche der Strahl mit der Normalen zu jeder von ihnen bildet seien α_1, β_1 — α_2, β_2 — α_3, β_3 — in derjenigen Reihenfolge, in welcher sie nach der Reflexion an der Rückwand auftreten. — Alsdann ergiebt sich der Verlauf eines Strahles durch folgende Rechnung.

Erstens folgt aus der Bedingung, dass der eingestellte Strahl die Rückwand des Prisma's senkrecht treffen muss,

$$1)\quad \alpha_1 = u_1.$$

Weiter ist

$$2)\quad \sin\beta_1 = \frac{\nu}{n}\sin\alpha_1;$$

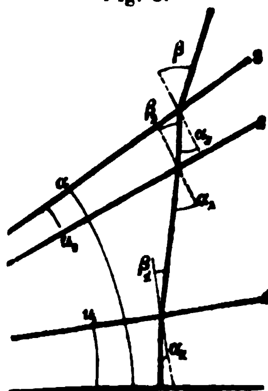
$$3)\quad \alpha_2 = \alpha - (u_1 + u_2) + \beta_1$$

und

$$4)\quad \sin\beta_2 = \frac{n}{\nu}\sin\alpha_2.$$

Unter der Voraussetzung, dass die bei-

Fig. 3.



den Winkel u_1 und u_2 klein genug seien, um ihre Cosinus ohne Fehler durch die Einheit und ihre Sinus durch die Bogen ersetzen zu können, folgt hieraus

$$\alpha_2 = \alpha - u_1 - u_2 + \frac{\nu}{n} u_1 = \alpha - \left(1 - \frac{\nu}{n}\right) u_1 - u_2$$

und weiter

$$\sin \beta_2 = \frac{n}{\nu} \sin \alpha - \frac{n}{\nu} \cos \alpha . \left(\left(1 - \frac{\nu}{n}\right) u_1 + u_2\right)$$

Aus dem beobachteten Austrittswinkel $\beta_3 = \beta$ folgt andererseits

$$5) \quad \sin \alpha_3 = \frac{1}{\nu} \sin \beta$$

und

$$6) \quad \beta_2 = \alpha_3 - u_2.$$

Beides verbunden ergiebt

$$\sin \beta_2 = \frac{1}{\nu} \sin \beta - \cos \alpha_3 . u_2$$

$$= \frac{1}{\nu} \sin \beta - \left(\sqrt{1 - \frac{1}{\nu^2} \sin^2 \beta}\right) . u_2.$$

Setzt man beide für $\sin \beta_2$ erhaltenen Ausdrücke einander gleich, so folgt nach einigen leichten Umformungen

$$n = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} + (n - \nu) . \cot \alpha . u_1 + \frac{n \cos \alpha - \sqrt{\nu^2 - n^2 \sin^2 \alpha})}{\sin \alpha .} u_2.$$

In diesem Ausdrucke stellt das erste Glied offenbar denjenigen Werth für n dar, der sich ergeben würde, wenn die Platten des Prisma's genau parallelflächig wären; die zwei andern Glieder aber bestimmen die den Winkeln u_1 und u_2 proportionalen Correctionen. Den zu ihrer Berechnung erforderlichen Werth des n hat man natürlich in dem Näherungswerthe, welchen das erste Glied für sich ergiebt.

Die Berechnung der Beobachtungen nach obenstehender Regel wird übrigens dadurch sehr erleichert, dass bei einem gegebenen Apparat, unter Voraussetzung gleichförmiger Zusammensetzung der Theile, die Grössen ν, α, u_1 und u_2 stets dieselben Werthe behalten. Man kann daher die ganze Correction ein für alle mal für eine Reihe von Werthen des n — etwa für die Zahlen 1.30, 1.35, 1.40, 1.45, ... — zum Voraus ausrechnen und in Form einer kleinen Tafel zusammenstellen. Aus dieser wird sich alsdann der Betrag der Correction für den einzelnen Fall durch eine leichte Interpolation mit dem durch das erste Glied der Formel erhaltenen Näherungswerth des n entnehmen lassen.

In wie weit die Correction ins Gewicht fällt und unter welchen

Umständen sie überhaupt Berücksichtigung verdient, lässt sich auf Grund obiger Formel leicht beurtheilen, wenn man den Betrag für den ungünstigsten Fall, der etwa vorkommen kann, ausrechnet. Setzt man z. B. $\alpha = 24^{\circ}$ und nimmt $\nu = 1.5$, für n aber einen Werth, der unter den bei Flüssigkeiten möglicher Weise vorkommenden von jenem am weitesten abliegt — etwa 1.3 oder 1.65 —, so geben beide Correctionsglieder zusammen doch höchsten 3 Einheiten der vierten Decimalstelle für je eine Bogenminute Abweichung der Verschlussplatten ($u = 0.00029$); wobei überdiess angenommen ist, dass beide Keile gleiche Lage haben. Man erkennt hiernach, dass Abweichungen, die unter einer halben Minute bleiben, zumal wenn bei der Zusammensetzung des Prisma's auf entgegengesetzte Lage der Platten Bedacht genommen wird, fast bei allen Untersuchungen völlig vernachlässigt werden dürfen. Aber auch bei viel grösseren Winkeln der Verschlussplatten wird man wenigstens von der Veränderung absehen können, welche die Correction für verschiedene Stellen des Spectrums erfährt; und man wird demnach die zur Dispersionsbestimmung dienenden Unterschiede im Winkel β ganz so verrechnen, wie wenn dieselben an einem einfachen Prisma beobachtet worden wären.

Die Ermittelung der Dispersion würde nur in einer mehrfachen Wiederholung dieser Rechnung bestehen, wenn man die den verschiedenen Farbstrahlen entsprechenden Werthe des W. β einzeln messen, oder auch mit Hilfe der mikrometrischen Hilfsmessung aus einem Werthe des β ableiten wollte. Es ist aber — aus naheliegenden Gründen — zweckmässiger, die Differenz der Werthe des n für verschiedene Farben unmittelbar zu berechnen aus den mikrometrisch gemessenen Winkeldifferenzen, die zwischen ihren Einstellungen liegen; wozu sich folgendes Verfahren ergibt: Bezeichnen n_1 und n_2 die Brechungsindices zweier Farben und β_1, β_2 die ihnen correspondirenden Einstellungen, während $n_2 - n_1 = \Delta n$ und $\beta_2 - \beta_1 = \Delta\beta$ gesetzt wird, so ist

$$\Delta n = \frac{\sin\beta_2 - \sin\beta_1}{\sin\alpha}$$

$$= \frac{2\cos\frac{\beta_1 + \beta_2}{2} \cdot \sin\frac{\beta_2 - \beta_1}{2}}{\sin\alpha}$$

$$= \frac{2\cos[\beta]\,\sin(\frac{1}{2}\Delta\beta)}{\sin\alpha}$$

Weil die Winkeldifferenz $\Delta\beta$ in der Praxis immer nur sehr klein

sein wird, kann $2\ sin\ \frac{1}{2}\ \Delta\beta$ durch $sin\ \Delta\beta$ oder $\Delta\beta$ ohne jeden Fehler ersetzt werden. Es wird daher schliesslich

$$\Delta n = \frac{cos\,[\beta]}{sin\ \alpha}\ \Delta\beta.$$

wobei

$$\frac{\beta_2 + \beta_1}{2} \text{ mit } [\beta]$$

bezeichnet ist und offenbar den Mittelwerth beider Einstellungen oder den Einstellungswinkel für die Mitte des Intervalls zwischen beiden Farben bedeutet.

7. Die Genauigkeitsgrenzen bei der beschriebenen Beobachtungsmethode.

Wenn es sich darum handelt, ein Urtheil zu gewinnen über den Grad der Sicherheit, mit welcher die dargelegte Beobachtungsweise die gesuchten Grössen zu bestimmen erlaubt, so ist in Erwägung zu ziehen einerseits die den einzelnen Bestimmungen gesetzte Genauigkeitsgrenze, andererseits der Einfluss, welchen Fehler in den einzelnen Messungsdaten auf das schliessliche Resultat üben. Die Betrachtung muss sich also sowohl auf die aus der Construction des Apparates und aus der Art seines Gebrauchs fliessenden Fehlerquellen richten, wie auch auf das Princip, nach welchem die Herleitung der gesuchten Werthe aus den Daten der Beobachtung erfolgt.

Die hier in Rede stehende Methode unterscheidet sich, wenn man zunächst nur auf die Auffassung der optischen Phänomene im Gesichtsfeld des Beobachtungsrohrs achtet, von den sonst zu ähnlichen Zwecken üblichen Verfahrungsweisen kaum anders als darin, dass zur Fixirung einer bestimmten Visirrichtung an Stelle des üblichen Fadenkreuzes ein Paar kurzer Schneiden verwandt wird. Nach den Erfahrungen des Verfassers an den in der Werkstatt des Herrn C. Zeiss ausgeführten Instrumenten steht diese Vorrichtung in Hinsicht auf Sicherheit und Schärfe der gewöhnlichen nicht im Geringsten nach. Bei der Beobachtung eines Spiegelbildes oder eines discontinuirlichen Spectrums, welches sich aus einer Reihe monochromatischer Spaltbilder zusammensetzt, erscheint, unter Voraussetzung genauer Regulirung des Auszugs und vollkommener Form der spiegelnden und brechenden Flächen, das Bild des Spaltes genau von gleicher Breite mit dem Abstand der sichtbaren Schneiden, so dass diese jenes Bild grade zwischen

sich fassen; wobei offenbar die Bedingungen für eine scharfe Einstellung so günstig wie nur immer möglich sein müssen. Handelt es sich andererseits um ein continuirliches Spectrum mit Fraunhofer'schen Linien, so hebt sich selbst in den lichtschwachen Theilen der vollkommen dunkle Körper des Spaltes sehr deutlich auf dem farbigen Hintergrunde ab, und es ist leicht, eine der Fraunhofer'schen Linien genau in die Mitte zwischen die sichtbaren Schneiden zu bringen, zumal diese bei derartigen Beobachtungen immer ziemlich eng gestellt sein werden. Die Schärfe der Einstellung wird dabei — was namentlich der mikrometrischen Messung zwischen den einzelnen Theilen des Spectrums zu Statten kommt — sehr unterstützt durch die Leichtigkeit, mit welcher die Stellschraube am Ocular während der Beobachtung selbst die Spaltweite der Helligkeit und den sonstigen Umständen anzupassen erlaubt. Dem entsprechend geht bei gut begrenzten Bildern, wenn das Beobachtungsrohr etwa 8—12fache Vergrösserung gibt, der Einstellungsfehler nie über den Betrag von 2—3″, wie man mittelst der Mikrometerschraube leicht controliren kann. — Nur gegenüber den Ursachen, welche die Reinheit des Spectrums beeinträchtigen können, ist die vorliegende Beobachtungsweise etwas empfindlicher und in sofern ungünstiger als die Fraunhofer'sche Methode, weil alle Abweichungen sowohl in der Substanz des Prisma's, wie namentlich in der Form der Flächen hier, verglichen mit ihrem Einfluss auf ein hindurch tretendes Strahlenbündel, verdoppelt zur Wirkung kommen.

Neben der Schärfe der Einstellung ist für die Genauigkeit der Messungsdata noch maassgebend: erstens die correcte Wirkung der beiden goniometrischen Apparate, Theilkreis und Mikrometer, und zweitens die Sicherheit, mit welcher die Construction des Instrumentes unregelmässige wie constante Fehlerquellen ausschliesst. — In Betreff des Theilkreises ist hier Nichts zu erörtern, da Construction und Handhabung in keinem Punkte sich von dem Gewohnten und Bewährten entfernen. Ueber die Mikrometervorrichtung jedoch mögen, da die hier beschriebene Einrichtung sich nicht in demselben Falle befindet, einige Frläuterungen hier noch Platz finden.

Den Umfang der Messungen bei einem Mikrometer dieser Art bestimmen einerseits die technischen Hindernisse, welche der genauen Ausführung längerer Schrauben entgegenstehen, andererseits auch die Rücksicht auf Sicherheit und Bequemlichkeit des Gebrauchs, die beide jedenfalls wesentlich beeinträchtigt würden,

wenn die Messung über die Grenze hinaus führen sollte, bis zu welcher einfache Proportionalität zwischen der Bewegung der Schraube und der Grösse der bewirkten Drehung angenommen werden kann. Beide Umstände lassen es gerathen erscheinen, den Spielraum für die Anwendung der Schraube auf ca. 5 Grad zu beschränken — um so mehr, als bei dem hier beabsichtigten Gebrauch kaum das Bedürfniss eines weiteren Umfangs eintritt. Innerhalb dieser Grenzen kann einerseits, wie die Untersuchung ausgeführter Instrumente dem Verfasser gezeigt hat, der Apparat einen solchen Grad technischer Vollkommenheit erhalten, dass die Fehler der Messung vollständig durch die unvermeidlichen Einstellungsfehler verdeckt bleiben, wie andererseits auch die Abweichung von der Proportionalität ausser Acht gelassen werden darf. Denn bedenkt man, dass die Fortbewegung der Schraube der Tangente der Drehung proportional ist, und zwar von derjenigen Stellung aus gerechnet, bei welcher die Axe der Schraubenspindel zu dem Radius des Contactpunktes senkrecht steht, so wird die Differenz für einen Winkel von 4° ca. 6″, für einen Winkel von 5° ca. 12″ betragen, wenn die Messung so erfolgt, dass die Mitte des Intervalls, wenigstens nahezu, auf die Normalstellung trifft. Das Maximum des Fehlers, der aus diesen Differenzen entspringt, reducirt sich aber von selbst auf den vierten Theil der angegebenen Grössen, wenn man die Werthe des Schraubenumgangs, den man der Reduction zu Grunde legt, aus der Messung eines Winkels von der Grösse des ganzen Intervalls ableitet. Legt man also der Ermittelung der Reductionsconstante etwa einen Winkel von 4° zu Grunde, so werden alle Mikrometerangaben, bei welchen die Schraube nicht um mehr als 2° aus ihrer Normalstellung entfernt wird, also bis zum Umfang von 4°, höchstens um 1½″ fehlerhaft sein; und diese Fehlergrenze wird auch für diejenigen Messungen noch nicht überschritten, bei welchen die Abweichung der Schraube um ½° weiter geht. Man sieht, dass für einen Gesammtumfang der Mikrometermessungen bis etwa 5° die Reductionsfehler unbedenklich ausser Acht gelassen werden dürfen, wenn bei der Construction darauf Bedacht genommen ist, die Stellung der Schraubenspindel so zu reguliren, dass sie in der Mitte des Spielraums ihrer Bewegung nahehin senkrecht zum Hebelarm der Drehung steht. Dieses Verlangen stösst so wenig auf ernstliche Hindernisse, wie die anderweitigen Ansprüche, welche neben der Forderung gleichförmiger Ganghöhe an die technische Ausführung zu stellen sind. Denn die Vorrichtung verlangt zur correcten

Functionirung sonst Nichts, als dass die Contactfläche am Ende des Armes hinreichend glatt und in der Richtung nach dem Mittelpunkt des Kreises hin gut geebnet sei, und dass die Schraubenspindel in einer Wölbung von starker Krümmung endige, die während der Drehung keine merkliche Seitenbewegung erfährt: — was bei sorgfältiger Ausführung recht wohl in aller Vollkommenheit zu erreichen ist.

Zur Prüfung des Mikrometers in Bezug auf die letzterwähnten Ansprüche eignet sich die auf Seite 115 erwähnte Hilfsvorrichtung zur Ermittelung des Reductionsfactors, nur dass man in diesem Falle den Winkel zwischen den beiden spiegelnden Flächen auf einen Betrag von 1—2° vermindern muss, damit er innerhalb des Umfangs der Schraube mehrmals durchmessen werden kann. Auch das Doppelbild, welches ein schwach keilförmiges Stück gut polirten Spiegelglases gewährt, kann für diesen Zweck benutzt werden.

Der todte Gang der Schraube wird hinreichend durch den Druck der auf den Arm wirkenden Feder aufgehoben; und wenn man — was allerdings nöthig — beim Gebrauch die Vorsicht übt, zusammengehörige Einstellungen stets mit derselben Drehungsrichtung auszuführen, um dadurch den Einfluss einer wechselnden Spannung der Theile auszuschliessen[1]), so gewährt diese einfache Construction des Mikrometers die Präcision, welche nöthig und ausreichend ist, um die Genauigkeit der Wahrnehmungen für die Messung vollständig auszunützen. Seine Verwendung ersetzt also, wenigstens für einen wichtigen Theil der Beobachtungen eine Vollkommenheit des Theilkreises, die bei Instrumenten von mässigen Dimensionen überhaupt nicht möglich ist, und die, soweit sie zu erreichen wäre, nicht nur den Apparat sehr viel kostspieliger, sondern auch seinen Gebrauch schwieriger und umständlicher machen müsste.

Eben so wesentlich wie die Correctheit des Messapparates ist ferner die Ausschliessung von constanten oder unregelmässigen Fehlerquellen, welche die strenge Identität der wirklich gemessenen Grössen mit den nach dem Princip der Methode zu messenden aufheben. Die Beseitigung derartiger Abweichungen deckt sich aber offenbar mit der vollkommenen Erfüllung der verschiedenen Postulate, auf welche die Theorie des Beobachtungsverfah-

1) Man wird also, falls beim Einstellen der richtige Punkt überschritten ist, die Schraube erst wieder um einen kleinen Weg hinter das Ziel zurückdrehen, um es zum zweiten mal in der früheren Richtung zu erreichen.

rens sich gründet; und sie wird daher um so grösserer Sicherheit fähig sein, je weniger solche Postulate vorliegen und je besser die einzelnen durch die Construction des Intrumentes gewährleistet sind.

Im vorliegenden Falle kommen nun keine Voraussetzungen in Frage ausser den folgenden:

1) dass die Visirlinie des Collimatorrohrs während je einer Reihe zusammengehöriger Einstellungen eine unveränderliche Lage gegen die festen Nullpunkte der Winkelmessung behalte;

2) dass sie gleichzeitig mit dem Hauptschnitt des Prisma's zur Drehungsaxe des Theilkreises senkrecht stehe; und

3) dass diejenigen Theile der Prismenflächen, welche bei den zusammengehörigen Einstellungen abwechselnd spiegelnd und brechend wirken, in unveränderter Lage zum Theilkreis bleiben. Die Anforderungen unter Punkt 2) und 3) kehren ganz in derselben Weise bei allen anderen Beobachtungsmethoden wieder; und aus der oben gegebenen Beschreibung des Justirungsverfahrens ist ohne Weiteres ersichtlich, dass sie in jeder nur wünschenswerthen Genauigkeit und Sicherheit erfüllt werden können. In Bezug auf Punkt 1) dagegen gibt die hier betrachtete Einrichtung selbstverständlich günstigere Bedingungen als die bisher in Gebrauch befindlichen Instrumente, insofern das vollkommene Zusammenfallen von Collimator und Beobachtungsrohr die Anforderungen in dieser Richtung vereinfacht und zudem ihre mechanische Erfüllung dadurch erleichtert, dass die Visirlinie unbeweglich mit dem festen Theile des Intrumentes verbunden ist. Ausserdem aber bildet einen wesentlichen Vorzug der Methode das Hinwegfallen jeder besonderen Bedingung für den Verlauf der Strahlen im Prisma, wie sie beim Fraunhofer'schen Verfahren in der Forderung der Minimalablenkung gegeben ist, und wie solche in anderer Form bei allen Verfahrungsweisen wiederkehren muss, bei welchen Eintritt und Austritt der Strahlen in zwei von einander unabhängigen Richtungen erfolgen. — Hier wo die Construction des Apparates beide Richtungen absolut identisch macht, ist mit der Einstellung des Spectrums die der Minimalablenkung durchgehender Strahlen entsprechende Bedingung, nämlich die Gleichheit des Incidenzwinkels beim Eintritt und Austritt, für die jeweilig eingestellte Farbe eo ipso erfüllt.

8. Der Einfluss der Beobachtungsfehler auf die Resultate der Messung.

Zum Schluss bleibt noch der Einfluss zu betrachten, welchen die Fehler der einzelnen Messungsdata vermöge ihrer mathematischen Verknüpfung auf das schliessliche Resultat ausüben. Untersucht man darauf hin zunächst die Bestimmung des Brechungsexponenten, so folgt aus der Regel für dessen Berechnung

$$n = \frac{\sin\beta}{\sin\alpha}$$

sogleich der Ausdruck für die Aenderung dn seines Werthes durch beliebige (kleine) Abweichungen $d\alpha$ und $d\beta$ in den Werthen der Winkel α und β; nämlich

$$dn = \frac{\cos\beta}{\sin\alpha} \cdot d\beta - \frac{\sin\beta \, . \, \cos\alpha}{\sin^2\alpha} \cdot d\alpha$$
$$= n\,(cotg\,\beta \, . \, d\beta - cotg\,\alpha \, . \, d\alpha).$$

Dieser Formel zufolge gewinnen die möglichen Fehler beider Winkel, welche durch $d\alpha$ und $d\beta$ repräsentirt sind, ungleiches Gewicht gegenüber dem zu bestimmenden Werthe. Denn $cotg\,\beta$ ist nothwendig immer kleiner als $cotg\,\alpha$, und nähert sich mit wachsender Schiefe der Incidenz der Grenze Null, während der Verminderung von $cotg\,\alpha$ dadurch eine untere Grenze gesetzt ist, dass α jedenfalls kleiner als der Grenzwinkel der Totalreflexion für das betreffende Material bleiben muss. — Man sieht also auf der einen Seite, dass die Bedingungen für die Genauigkeit des Resultates unter sonst gleichen Umständen immer günstiger werden, je näher der brechende Winkel des Prismas dem möglichen Maximum gebracht wird; andererseits aber, dass unter allen Umständen und namentlich mit der Annäherung an diese Grenze, die auf die Messungen verwandte Sorgfallt (z. B. wiederholte Messung oder Repetition) beim Winkel α dem Resultate mehr als beim Winkel β zu Gute kommen wird.

Was ferner die Bestimmung der Dispersion nach dem oben erörterten Verfahren betrifft, so gibt die auf Seite 128 aufgestellte Gleichung für ihre Berechnung aus dem Werthe von $\Delta\beta$, für zwei beliebige Farben die Aenderuug des Δn durch kleine Abweichungen der Messungsdata

$$d(\Delta n) = \frac{\cos[\beta]}{\sin\alpha} \cdot d(\Delta\beta)$$

wenn man die übrigen Glieder, die wegen der Kleinheit von $\Delta\beta$ von zweiter Ordnung sind, vernachlässigt.

Dieser Ausdruck lässt erkennen, dass ein Fehler in der Be-

stimmung der Winkeldifferenz $\Delta\beta$ auf den Werth von Δn ganz in der nämlichen Art einwirkt, wie bei der Ermittelung des Brechungsexponenten ein Fehler in β auf dessen Werth. Zugleich aber ist ersichtlich, dass etwaige Fehler in α und im absoluten Werthe von β oder $[\beta]$ auf den Werth der Dispersion keinen merklichen Einfluss gewinnen — es sei denn, dass ihre Grösse dem Betrag von $(\Delta\beta)$ selbst nahe kommen sollte. In Anbetracht des geringen praktischen Interesses, welches eine allgemein durchgeführte theoretische Discussion der fraglichen Beziehungen haben würde, mag die quantitative Bestimmung des Fehlereinflusses an specielle numerische Annahmen, wie sie den gewöhnlichen Vorkommnissen entsprechen, geknüpft werden. — Wird z. B. ein Crownglasprisma von 30° vorausgesetzt, so ergiebt sich, den Werth von n zu 1,5 angenommen,

$$dn = 1.32\, d\beta - 2.60\, d\alpha$$
$$d(\Delta n) = 1.32\, d(\Delta\beta)$$

Für schweres Flintglas von 1,7 mittlerem Brechungsindex und dem nämlichen Winkel würde dagegen werden

$$dn = 1.05\, d\beta - 2.95\, d\alpha$$
$$d(\Delta n) = 1.05\, d(\Delta\beta)$$

Würde aber bei beiden Materialien der Winkel α dem Grenzwinkel der Totalreflexion soweit nahe gebracht, dass der mittlere Einfallswinkel $[\beta]$ etwa 75° erreicht — was indess nur bei sehr vollkommener Form der Prismenflächen zulässig ist — so geben die Formeln für das Crownglas ($\alpha = 40^\circ\ 5'$)

$$dn = 0.40\, d\beta - 1.75\, d\alpha$$
$$d(\Delta n) = 0.40\, d(\Delta\beta)$$

und für das Flintglas ($\alpha = 34^\circ\ 40'$)

$$dn = 0.45\, d\beta - 2.45\, d\alpha$$
$$d(\Delta n) = 0.45\,.\, d(\Delta\beta)$$

Nimmt man nun z. B. an, dass der mögliche Fehler bei der Messung der Winkel α und β — abgesehen von groben Versehen — je eine Minute erreichen könne, so wird im ungünstigsten Falle, wenn nämlich Abweichungen entgegengesetzten Sinnes zusammentreffen, der Fehler in n im ersten Falle bei beiden Glasarten ca. 0,0012, im zweiten Falle beim Crown ca. 0,0006, beim Flint 0,0009 betragen.

Aus diesen Beispielen ist ersichtlich, dass bei der angenommenen Genauigkeit der Winkelmessungen die einmalige Beobachtung, auch im Fall des kleineren Winkels für α, den Werth von n schon bis auf ungefähr eine Einheit der 3. Decimalstelle sicher ergeben

muss, und dass ein paar Wiederholungen der Messung, zumal des Winkels α, die mögliche Unsicherheit gewiss auf die Hälfte der 3. Decimale reduciren werden; während die Anwendung eines feiner getheilten Kreises, der eine Genauigkeit bis auf ca. 15″ gibt — wie in dem oben speciell beschriebenen Instrumente — unter Benutzung der Repetitionseinrichtung die Fehlergrenze leicht auf ein paar Einheiten der fünften Decimale einzuschränken erlauben wird. Schon die unter der ersten Annahme erhaltenen Resultate geben eine für die gewöhnlichen Bedürfnisse — namentlich für fast alle praktischen Anwendungen — mehr als ausreichende Genauigkeit, in Anbetracht dessen, dass sie den alle optischen Wirkungen bestimmenden Werth von $(n-1)$ schon auf ca. $^1/_{500}$ resp. $^1/_{1000}$ des ganzen Betrages sicher stellen. Wollte man aber unter den gleichen Bedingungen auch die Dispersionsbestimmung bewirken, wie es geschieht, wenn die den verschiedenen Farben zugehörigen Werthe des Winkels β einzeln am Theilkreise gemessen werden, so würde die zu erreichende Genauigkeit sehr wenig befriedigen und selbst für die gewöhnlichsten Bedürfnisse der Praxis ganz unzulänglich sein. Denn da der Vortheil des kleineren Factors, mit welchem der Fehler in $(\Delta\beta)$ sich multiplicrt, zum grösseren Theil wieder dadurch ausgeglichen wird, dass die mögliche Unsicherheit in den Winkeldifferenzen doppelt so gross wird wie die in den absoluten Winkeln, so würden die Werthe der Dispersion eine nur wenig engere Fehlergrenze besitzen wie die Brechungsexponenten selbst. Bei der Kleinheit der Farbenzerstreuung in den meisten Substanzen würde aber ein Fehler von 0,001 und selbst von der Hälfte dieses Betrages einen sehr ansehnlichen Theil der ganzen zu messenden Grösse (die z. B. bei gewöhnlichem Crownglas für das Intervall von $C-F$ nur 0,008—0,009 beträgt) ausmachen; und selbst die Anwendung eines ziemlich fein getheilten Kreises und mehrmalige Repetition der Winkel wird nur mühsam diejenige relative Genauigkeit in der Bestimmung von Δn erreichen lassen, welche für den Werth von $(n-1)$ mit viel einfacheren Hilfsmitteln und ohne alle Umstände erlangt wird.

Die vorstehenden Bemerkungen zeigen, welchen Vortheil eine selbständige mikrometrische Messung der Winkeldifferenzen darbietet, indem sie die Nöthigung beseitigt, allein der Ermittelung der Dispersion wegen die Bestimmung des Brechungsexponenten, und zwar für mehrere Farben, in einer Schärfe auszuführen, welche fast für alle praktischen wie wissenschaftlichen Anwendungen voll-

kommen nutzlos bleibt. — In den vorhin gebrachten Beispielen berechnet sich, wenn man den möglichen Fehler einer einzelnen Mikrometermessung auch auf 5″ (d. i. ca. 0,000025 in Bogenmass) annehmen will, die grösste zu befürchtende Abweichung im Werthe des Δn bei Prismen von 30° auf 0,00002 bis 0,00003. In Anbetracht der geringen Mühe aber, welche selbst eine öftere Wiederholung der Mikrometermessungen macht, wird auch unter viel ungünstigeren Verhältnissen die Ermittelung der Dispersionswerthe auf dem bezeichneten Wege leicht in einer viel weiter gehenden Genauigkeit ausgeführt werden können.

Nach der Meinung des Verfassers darf nun als das Ergebniss dieser Discussion, das im Einzeln Erörterte zusammenfassend, hingestellt werden: erstens, dass die beschriebenen Einrichtungen und die angegebenen Verfahrungsweisen zur Bestimmung der Constanten für Brechung und Dispersion allen für den subtileren wissenschaftlichen Gebrauch zu stellenden Anforderungen Genüge leisten, wenn der Apparat in den Dimensionen ausgeführt wird, wie sie bei Instrumenten für jene Zwecke gewöhnlich sind, d. h. mit Theilkreis von 15—20 Cm. Durchmesser, Fernrohr von etwa 25 Cm. Brennweite, Repetitionseinrichtung u. s. w; zweitens aber, dass den gewöhnlichen Bedürfnissen, namentlich der praktischen Optik schon hinreichend entsprochen werden kann durch ein nach denselben Grundsätzen construirtes Intrument von viel kleineren Dimensionen, ohne Repetitionseinrichtung, dessen Theilkreis nur ganze Minuten ablesen und dessen Mikrometerapparat die Winkeldifferenzen auf 8—10 Bogensecunden genau messen lässt.

Die Bestimmung der dioptrischen Constanten flüssiger Körper mittelst der Totalreflexion.

9. Das Princip der Methode.

Nach dem Grundgesetz der Brechung erfolgt an der Grenzfläche zwischen zwei Medien mit den Brechungsexponenten n und ν totale Reflexion, sobald der Einfallswinkel eines Strahles gegen diese Grenzfläche im stärker brechenden Medium ν gleich wird dem durch die Relation

$$= \sin \gamma \frac{n}{\nu}$$

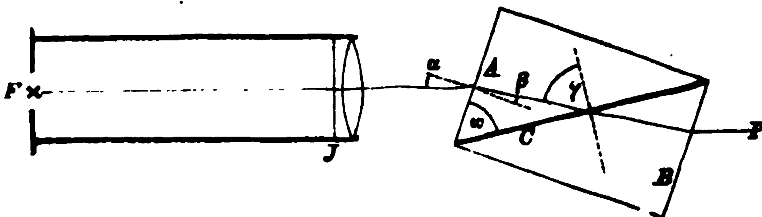
bestimmten Winkel. Auf Grund dieser Gleichung wird daher der Brechungsexponent des einen Mediums, z. B. n, zu ermitteln sein, wenn derjenige des anderen, ν, bekannt ist und der Winkel γ, bei welchem zuerst totale Reflexion eintritt, beobachtet wird.

Diese Beobachtung kann auf zweierlei Art ausgeführt werden. Man kann die betreffende Stellung der Trennungsfläche entweder dadurch aufsuchen, dass man den Eintritt der maximalen Intensität des reflectirten Strahls oder dadurch, dass man die minimale Intensität, d. h. das vollständige Verschwinden, des durchgehenden Strahls beobachtet. Das erstere Verfahren ist schon vor langer Zeit von Wollaston u. A. zur Untersuchung flüssiger oder wenigstens schmelzbarer Körper angewandt worden. Es leidet an dem Nachtheil, dass die Erkennung der gesuchten Lage auf das unsichere Urtheil über den Eintritt eines Maximums der Helligkeit basirt wird und desshalb nur geringer Schärfe fähig ist — wie die mangelhafte Uebereinstimmung der auf diesem Wege erlangten Resulate bekundet. Aber auch wenn dies nicht der Fall wäre, würde der leichten Ausführung solcher Beobachtungen doch immer der Umstand hinderlich sein, dass der zu beobachtende Strahl fortwährendem Richtungswechsel unterworfen ist.

Viel günstiger stehen die Bedingungen beim zweiten Verfahren. — Das Verschwinden des durchgehenden Strahles lässt viel schärfere Beobachtung zu, weil gegenüber dem Zustande vollkommenen Lichtmangels auch kleine Lichtmengen leicht wahrgenommen werden. Vor allen Dingen aber bietet es die Möglichkeit sehr viel einfacherer Ausführung, weil der durchgehende Strahl in ganz constanter Richtung erhalten werden kann. — Man braucht zu dem Zweck nur das zu untersuchende Medium als dünne Schicht zwischen stärker brechenden Körpern so einzuschliessen, dass das Ganze eine planparallele Platte darstellt, die in allen Stellungen das einfallende Licht ohne Ablenkung austreten lässt.

Sei, um diese Beobachtungsweise näher zu entwickeln, in Fig. 4 J ein Fernrohrobjectiv, in dessen Brennpunkt F eine kurze zur

Fig. 4.



Ebene der Zeichnung senkrecht zu denkende leuchtende Linie (ein von hinten beleuchteter Spalt) angebracht ist. *A* und *B* seien zwei rechtwinkelige Glasprismen von gleicher Grösse und gleichen Winkeln, mit den Hypotenusenflächen so an einander gelegt, dass sie zusammen eine dicke planparallele Platte bilden, die vor dem Objectiv *J* um eine zur Ebene der Zeichnung senkrecht stehende Axe stetig gedreht werden kann. Die zu untersuchende (flüssige oder leicht schmelzbare) Substanz, deren Brechungsindex kleiner als derjenige der Glasprismen vorausgesetzt wird, sei als sehr dünne Schicht zwischen den beiden Prismen eingeschlossen.

Kennt man ein für alle mal den Brechungsindex des Glasprisma's *A* für jede Farbe und den Winkel *w* an der dem Objectiv zu gewandten Kathetenfläche und hat man ferner die Mittel, bei jeder Stellung der Platte den Winkel zwischen der Axe des Collimators *FJ* und der Normalen der Fläche *A* zu beobachten, so kann darauf hin offenbar berechnet werden, unter welchem Winkel im Innern des Glases die Trennungsfläche von demjenigen parallelstrahligen Strahlenbüschel, welcher in der Richtung der Axe aus dem Collimator austritt, bei je einer Stellung getroffen wird. So lange dieser Winkel für alle Farben noch unter dem Grenzwinkel der totalen Reflexion liegt, treten die Strahlen ungehindert durch die Zwischenschicht hindurch und aus der Fläche *B* mit etwas verminderter Intensität parallel der Axe des Rohrs wieder aus; und da für die zur Ebene des Hauptschnittes wenig geneigten Strahlenbüschel, die von den übrigen Punkten des Spaltes neben der Axe herrühren, offenbar dieselben Bedingungen gelten, so wird von *P* aus der Spalt, in unendlicher Entfernung stehend, gerade so sichtbar sein, wie wenn die flüssige Schicht nicht vorhanden wäre. Sobald aber durch Drehung des Doppelprismas im Sinne wachsenden Einfallswinkels γ für irgend eine bestimmte Farbe nach Maassgabe des Brechungsindex der flüssigen Schicht der Grenzwinkel erreicht ist, wird letztere für Strahlen dieser Farbe vollkommen undurchsichtig. Leuchtet die Lichtquelle nun blos mit solchen, so muss demnach in diesen Moment das Bild des Spaltes, von *P* aus gesehen, verschwinden. Leuchtet sie dagegen mit weissem Licht, so wird — im Allgemeinen — bei normaler Dispersion der Flüssigkeit entweder für alle Farben, die stärker oder für alle die schwächer brechbar sind als jene bestimmte Farbe, die Grenze schon überschritten, für die andern aber noch nicht erreicht sein. Es ist demnach die Platte in diesem Falle für den einen Theil des Spectrums durchsichtig, für den

andern undurchsichtig und der vorher weisse Spalt erscheint jetzt gefärbt, — und zwar im letzten Stadium vor dem völligen Verschwinden entweder dunkelroth oder violett[1]).

Handelt es sich nun darum, diejenige Stellung des Prismenpaares zu finden, für welche eine bestimmte Farbe im durchfallenden Licht gerade ausgelöscht wird, so bedarf es blos noch eines Hilfsmittels, um, wenn das Bild des Spaltes bei fortgesetzter Drehung sich zu färben beginnt, zu erkennen, welche Farben in ihm noch vorhanden, welche schon verschwunden sind. Dazu führt aber die Ausbreitung dieses Spaltbildes in ein Spectrum durch ein vor das beobachtende Auge gehaltenes Prisma. Durch ein solches gesehen wird der Spalt, so lange noch alle Strahlen die Flüssigkeitsschicht durchdringen können, ein vollständiges Spectrum ergeben sobald aber die Stellung beginnender Totalreflexion erreicht ist, wird bei fortgesetzter Drehung ein immer grösserer Theil dieses Spectrums, entweder vom rothen oder vom blauen Ende her, ausgelöscht werden. Man wird also die Data zur Bestimmung des Grenzwinkels γ für irgend eine bestimmte Farbe erhalten, indem man diejenige Stellung des Prismenpaares aufsucht, bei welcher die Auslöschung gerade bis zu dieser Farbe fortgeschritten ist. (Erste Methode).

Die Ermittelung des Brechungscoefficienten n der Flüssigkeit kann nun leicht geschehen. Ist α der Winkel, welchen bei der gefundenen Stellung die Collimatoraxe mit der Normalen zur Fläche A bildet (positiv gerechnet, im Sinne zunehmender Neigung der Trennungsfläche gegen die Collimatoraxe) so ergibt sich zunächst der Winkel β aus dem als bekannt angenommenen Brechungsindex ν des Prismas A für die betreffende Farbe nach der Formel

$$1)\quad \sin\beta = \frac{1}{\nu}\cdot \sin\alpha.$$

Der Grenzwinkel der Totalreflexion folgt darauf hin:

$$2)\ \ldots\ \gamma = \beta + w$$

und demnach der gesuchte Brechungsindex n der Flüssigkeit für die betreffende Farbe

$$3)\ \ldots\ n = \nu \sin\gamma.$$

---

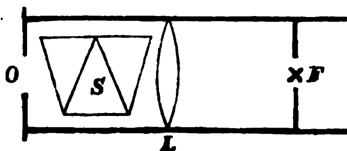
1) Mit den einfachsten Mitteln ausgeführt — mit einer entfernt stehenden Lichtflamme, einem Paar in freier Hand gehaltener rechtwinkeliger Crownglasprismen und einem Tropfen Wasser als Zwischenschicht — ist das Experiment ein ganz instructiver Vorlesungsversuch.

Die hier im Princip festgestellte Beobachtungsweise lässt eine wesentliche Modification zu, welche der Vereinfachung des erforderlichen Apparates sehr zu Statten kommt. Sie gründet sich auf folgende Ueberlegung:

Wenn bei einer bestimmten Stellung des Prismenpaares die Totalreflexion eben beginnt für diejenigen Strahlen einer bestimmten Farbe, welche vom Punkte *F* ausgehend, der Axe parallel aus dem Objectiv austreten, so muss dasselbe auch gelten für solche Strahlen, welche in entgegengesetzter Richtung die Prismen passiren, parallel zur Axe in das Objectiv eintreten und von diesem im Brennpunkt *F* vereinigt werden. Wegen des Fortbestehens derselben geometrischen Bedingungen für alle zur Ebene des Hauptschnittes wenig geneigten Strahlensysteme gilt das nämliche aber auch für solche parallelstrahlige Büschel, welche vom Objectiv in den ausser der Axe liegenden Punkten des Spaltes vereinigt werden. Da nun zu keinem Punkt des Spaltes durch das Objectiv hindurch andere Strahlen gelangen können, ausser solchen, welche vor dem Objectiv in den genannten parallelstrahligen Büscheln verlaufen, so folgt, dass in der vorausgesetzten Stellung überhaupt keine Strahlen der betreffenden Farbe die Prismen in solcher Richtung passiren können, dass sie durch das Objectiv zu dem in seiner Focalebene befindlichen Spalt gelangten.

Steht daher vor den Prismen eine beliebig ausgedehnte Lichtquelle, welche in den verschiedensten Richtungen durch jene hindurch strahlend in das Objectiv *J* sendet, so dass, so lange die Trennungsfläche *C* vollkommen durchgänglich ist, der Spalt und die ganze Focalebene bei *F* Licht empfängt, so wird der Spalt für ein hinter *F* stehendes Auge in dem Augenblick dunkel werden, in welchem die der Axe des Collimators parallel verlaufenden Strahlen an der Flüssigkeitsschicht total reflectirt werden. Da aber die vorher betrachteten Verschiedenheiten im Verhalten der verschiedenen Farben hier in der nämlichen Form wiederkehren, so muss, wenn die vor *P* aufgestellte Lichtquelle weisses Licht liefert, die beginnende Totalreflexion zuerst partielle Verdunkelung, d. h. Färbung, des vorher weiss erscheinenden Spaltes herbeiführen. Man wird demnach auch bei dieser Beobachtungsweise den Eintritt der totalen Reflexion für die einzelnen Farben erkennen, indem man hinter *F* zunächst ein zerstreuendes Prisma einschaltet — etwa ein

Fig. 5.



solches à vision directe, in Verbindung mit einer schwachen Lupe, wie Fig. 5 zeigt — und durch dieses hindurch den in ein Spectrum verwandelten Spalt betrachtet. (Zweite Methode.)

Das hier benutzte Princip der Umkehrung des Strahlenganges macht indess noch eine andere Art der Beobachtung des in Rede stehenden Phänomens möglich. — Man denke zunächst vor dem Prismenpaar eine gleichförmig helle monochromatische Lichtquelle (etwa eine Natronflamme) angebracht und diejenige Stellung der Flüssigkeitsschicht herbeigeführt, bei welcher der Spalt in *F* eben keine Strahlen mehr empfängt. Dann wird die ganze in Fig. 4 unterhalb der Axe liegende Hälfte der Focalebene gleichfalls vollkommen verdunkelt sein. Denn zu keinem Punkte dieser untern Hälfte können durch das Objectiv *J* hindurch andere Strahlen gelangen als solche, die vor demselben als parallelstrahlige zur Axe nach oben geneigte Büschel verlaufen. Solche aber bilden mit der Trennungsfläche *C* offenbar grössere Winkel als die der Axe parallel verlaufenden, können also die Grenzfläche zwischen Glas und Flüssigkeit keinesfalls passirt haben. Umgekehrt aber muss, wenn sonst die Lichtquelle hinreichend ausgedehnt ist, die ganze in der Figur oberhalb *F* liegende Hälfte der Focalebene gleichförmig erhellt sein, weil in deren Punkten diejenigen Strahlen durch das Objectiv gesammelt werden, welche vor demselben nach unten hin gegen die Axe geneigt verlaufen, an der Trennungsfläche also sämmtlich geringere Incidenzwinkel ergeben. — Denkt man nun die Focalebene des Objectivs in der Umgebung der Axe vollkommen frei gelegt und durch ein dahinter angebrachtes gewöhnliches Ocular beobachtet, so muss demnach das Sehfeld des so entstehenden Fernrohrs eine helle und eine dunkle Hälfte darbieten, welche sich in einer durch die Axe gehenden und der brechenden Kante des Prisma's *A* parallelen Linie gegen einander abgrenzen. Die Markirung der Axe durch ein gewöhnliches Fadenkreuz wird es möglich machen, das Zusammenfallen der Schattengrenze mit der Axe genau zu beobachten und also auch auf diese neue Weise diejenige Stellung der Trennungsfläche wieder zu erkennen, in welcher die der Axe parallelen Strahlen der Totalreflexion eben unterliegen. (Drittes Verfahren.)

Man kann endlich von hier aus noch einen Schritt weiter gehen. Statt die Totalreflexion durch Drehung des Prismenpaares für die Axe des Rohres herzustellen, kann man das Prismenpaar in unveränderter Lage halten und dafür diejenige Stelle der Focalebene aufsuchen, deren correspondirende parallelstrahlige Strahlen-

gruppe der Auslöschung zuerst unterliegt. Nach der bekannten Wirkungsart der Sammellinsen wird in jedem Punkt *Q* der Focalebene *F* (Fig. 6) ein vor dem Objectiv parallelstrahliges Büschel gesammelt, dessen Richtung gegen die Axe um so stärker geneigt ist, je weiter der betrachtete Punkt der Focalebene von der Axe abliegt. Nach Maassgabe des Brechungsindex der flüssigen Schicht wird die Totalreflexion für eine Strahlengruppe von bestimmter Neigung beginnen und dann alle Strahlen auslöschen, welche zur Axe (im Sinne wachsender Grösse des Winkels γ) stärker geneigt sind. Ist der Vereinigungspunkt der betreffenden Strahlengruppe der Punkt *Q* in der Focalebene, so wird letztere von dieser Stelle an nach der einen Seite hin vollkommen verdunkelt, nach der andern hin erleuchtet sein. Beobachtet man nun unter Benutzung eines passenden Oculars die Lage der Grenzlinie zwischen Hell und Dunkel an einer in der Focalebene angebrachten mikrometrischen Scala, so giebt der gefundene Abstand von der Axe bei bekannter Brennweite des Objectivs die vollständige Bestimmung des Winkels, den das der Grenze entsprechende parallelstrahlige Büschel vor dem Objectiv mit der Axe des Fernrohrs bildet und darauf hin, wenn die constante Lage der Vorderfläche des Prisma's *A* gegen die Axe gegeben ist, den Winkel γ, mit dessen Hilfe, der gesuchte Brechungsindex der Flüssigkeit nach der auf Seite 139 ausgeführten Rechnung erhalten wird. (Viertes Verfahren.)

Fig. 6.

Wollte man die beiden zuletzt entwickelten Verfahrungsweisen ohne Weiteres mit weissem Licht in Anwendung bringen, so würde der Umstand hindernd in den Weg treten, dass die Totalreflexion im Allgemeinen nicht für alle Farben bei derselben Stellung der Trennungsfläche oder mit demselben Neigungswinkel der Strahlen gegen die Fernrohraxe beginnt. Nur bei ganz bestimmten Verhältnissen zwischen der Farbenzerstreuung des Glasprismas *A* und derjenigen der Flüssigkeit könnten alle Srahlen ein und desselben parallelstrahligen Büschels gleichzeitig ausgelöscht werden und

nur in diesem Falle würde in der Focalebene des Objectivs wieder eine scharfe Grenzlinie zwischen Hell und Dunkel sich herstellen. Im Allgemeinen aber wird die flüssige Schicht für die violetten Strahlen einer bestimmten Richtung schon undurchsichtig sein, während sie für die rothen derselben Richtung noch durchgänglich ist — oder umgekehrt; und es wird demnach die Grenze zwischen dem hellen und dem dunklen Theile des Sehfeldes im ersten Falle als ein rother, im andern Falle als ein blauer Saum von grösserer oder geringerer Breite erscheinen. — Wie dieser Umstand nicht nur für die Anwendung der beiden letzten Methoden zu genauen Beobachtungen unschädlich gemacht sondern sogar als Hilfsmittel der Dispersionsbestimmung vortheilhaft verwerthet werden kann, wird im Folgenden noch erörtert werden.

10. Die Bestimmung der Farbenzerstreuung.

Um näher festzustellen, in welcher Weise die Dispersion bei den vorher betrachteten Phänomenen zur Geltung kommt und wie sich an ihnen die Data zur quantitativen Bestimmung derselben gewinnen lassen, ist zunächst zu untersuchen, wie der Incidenzwinkel α der totalreflectirten Strahlen an der vordersten Fläche des Doppelprisma's mit der Veränderung des Brechungsindex variirt.

Seien die Brechungsexponenten des Glasprisma's und der Flüssigkeit für eine Farbe ν und n, für eine andere Farbe $\nu + \delta\nu$ und $n + \delta n$, wobei $\delta\nu$ und δn, die Maasse der Dispersion für das betreffende Farbenintervall, als so klein vorausgesetzt werden können, dass ihre höheren Potenzen ausser Acht bleiben dürfen. — Dann folgt aus der Gleichung des Grenzwinkels

$$\sin\gamma = \frac{n}{\nu}$$

für die Aenderung des Grenzwinkels γ der Totalreflexion beim Uebergang von der ersten zur zweiten Farbe:

$$1)\quad \cos\gamma\,\delta\gamma = \frac{\delta n}{\nu} - \frac{n}{\nu^2}\cdot\delta\nu = \sin\gamma\left(\frac{\delta n}{n} - \frac{\delta\nu}{\nu}\right)$$

Da nun der Winkel β, unter welchem der total reflectirte Strahl im Innern des Glases zur Fläche A gelangt stets $= \gamma - w$ ist, so bleibt

$$2)\quad \delta\beta = \delta\gamma = tg\,\gamma\left(\frac{\delta n}{n} - \frac{\delta\nu}{\nu}\right)$$

Endlich aber ergibt die Gleichung

$$\sin\alpha = \nu\,.\,\sin\beta$$

die Veränderung $\delta\alpha$ des Incidenzwinckels desselben Strahles an der äussern Seite der Fläche A

$$3)\quad \cos\alpha\,.\,\delta\alpha = \nu\,.\,\cos\beta\, d\beta + \sin\beta\,.\,\delta\nu,$$

woraus unter Berücksichtigung der vorausgehenden Bestimmungen nach einigen nahe liegenden Abkürzungen schliesslich folgt

$$4)\quad \delta\alpha = \frac{\cos\beta\,.\,\delta n - \sin w\,.\,\delta\nu}{\cos\alpha\,.\,\cos\gamma}$$

Diese Gleichung liefert im Hinblick auf die zwei ersten Methoden unmittelbar die in Bogenmaass ausgedrückte Drehung, welche das Prismenpaar erfahren muss, wenn die Strahlen beider Farben in ein und derselben Austrittsrichtung, nämlich in der Axe des Collimators, der totalen Reflexion nach einander unterliegen sollen. Es ergiebt sich aus ihr im Besondern, dass gleichzeitige Totalreflexion dann eintritt, wenn

$$\frac{\delta n}{\delta\nu} = \frac{\sin w}{\cos\beta},$$

in welchem Falle daher, bei den zwei ersten Methoden, das Spectrum des Spaltes momentan verschwindet, bei den zwei andern die Grenzlinie farblos bleibt — beides in soweit das Verhältniss der Dispersionen für andere Theile des Spectrums nicht merklich abweicht von demjenigen, welches für das der Berechnung zu Grunde gelegte Intervall besteht. — In welchem Verhältniss die Dispersion der Flüssigkeit zu der des Glasprisma's stehen muss, damit die Totalreflexion in solcher Weise achromatisch sei, hängt hiernach übrigens vom absoluten Brechungsindex ab, da der Werth von $\cos\beta$ ausser durch w und ν, auch durch die Grösse von n bedingt ist. Aus der Gleichung 4) folgt

$$5)\quad \delta n = \frac{\cos\alpha\,.\,\cos\gamma}{\cos\beta}\cdot\delta\alpha + \frac{\sin w}{\cos\beta}\,.\,\delta\nu;$$

wonach denn aus der beobachteten Drehung $\delta\alpha$, welche die Auslöschung von einer Stelle des Spectrums zur andern führt, die Dispersion der Flüssigkeit zu berechnen ist, wenn die auf das Glasprisma bezüglichen Daten w, ν und $\delta\nu$ bekannt sind und ausserdem für die zum Ausgangspunkt gewählte Farbe der Winkel α (aus welchem sich β und γ dann ableiten) gemessen ist.

Die hier mit $\delta\alpha$ bezeichnete Grösse gibt aber zugleich die Richtungsdifferenz an, welche nach Maassgabe der Werthe von δn, $\delta\nu$, n, ν und w die Strahlen zweier bestimmten Farben ausserhalb der Fläche A besitzen müssen, wenn sie gleichzeitig, d. h. bei derselben Stellung der Prismen, der totalen Reflexion unterliegen sollen; und diese Bemerkuug führt noch auf einen

zweiten Weg zur experimentellen Bestimmung der Dispersion, der namentlich der letzten beiden Methoden wegen ein Interesse gewinnt, weil er zugleich das Mittel ergiebt, die Totalreflexion auch bei vielfarbigem Licht achromatisch zu erhalten.

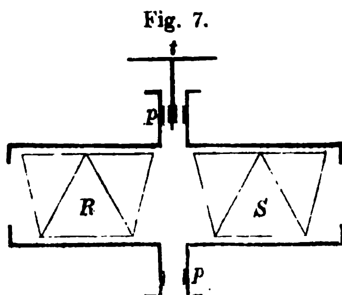
Man betrachte zunächst wieder ein Büschel der Axe paralleler Strahlen, welche von einem im Punkte *F* — Fig. 4 auf Seite 137 — befindlichen leuchtenden Spalt ausgehend, aus dem Objectiv *J* austreten und nehme an, dass unter ihnen die zwei Farben, für welche die Dispersion in Frage ist, vertreten seien. Denkt man nun die Strahlen der einen Farbe, auf welche sich die Werthe n und ν beziehen, nach wie vor in der Richtung der Axe die Fläche *A* treffend, die der andern Farbe aber, für welche $n + \delta n$ und $\nu + \delta \nu$ gelten, auf ihrem Wege zwischen dem Objectiv und dem Prisma auf irgend eine Weise gerade um den durch Gleichung 4) bestimmten Betrag $\delta \alpha$ in der Ebene des Hauptschnittes abgelenkt, so wird jetzt die Totalreflexion für beide Farben gleichzeitig, d. h. bei der nämlichen Stellung der Prismen, erfolgen; und wenn die Strahlen der übrigen Farben, mit denen der Spalt leuchtet, ähnliche Ablenkungen erfahren, proportional den ihnen entsprechenden Werthen von δn und $\delta \nu$, so wird jetzt das Bild des Spaltes, von *P* aus angesehen, momentan verschwinden müssen.

Auch diesem Verhalten gegenüber lässt sich die Umkehrbarkeit des Strahlenganges geltend machen. Wenn alle von einem Punkt der Focalebene ausgehenden Strahlen verschiedener Farbe gleichzeitige Totalreflexion erfahren, dann — und auch nur dann — geschieht das Gleiche mit allen Strahlen, welche, in der entgegengesetzten Richtung verlaufend, in jenem Punkte der Focalebene zusammentreffen. Die eben betrachtete Ablenkung der einzelnen Farbstrahlen zwischen Objectiv und Prismen vorausgesetzt, wird demnach bei dem Versuch nach der dritten und vierten Methode die Auslöschungsgrenze im Ocularfeld auch mit weissem Licht achromatisch bleiben; und umgekehrt wird der Eintritt einer farblosen Grenzlinie zwischen Hell und Dunkel das Kriterium dafür sein, dass verschiedenfarbige Strahlen zwischen Prisma und Objectiv solche der Gleichung 4) conforme Richtungsänderungen erlitten haben.

Es hat nun keine Schwierigkeiten, das hier Vorausgesetzte experimentell in aller Vollkommenheit zu verwirklichen. Richtungsdifferenzen zwischen den farbigen Bestandtheilen eines parallelstrahligen Büschels, und zwar solche, welche den Abstufungen

des Brechungsexponenten proportional gehen, liefert die Dispersion jedes beliebigen Prisma's. Der daneben gestellten Bedingung, dass der Strahl einer bestimmten Farbe dabei ohne Ablenkung bleibe, genügt ein zusammengesetztes geradsichtiges Prisma von der Art, wie solche für spectroskopische Zwecke vielfach im Gebrauch sind. Das dritte Verlangen aber, dass die Grösse der einzuführenden Zerstreuung willkürlich regulirt und für jede Flüssigkeit den durch Gleichung 4) bestimmten Winkelunterschieden der total reflectirten Strahlen angepasst werden könne, ist leicht zu erfüllen durch eine Combination von **zwei** solchen geradsichtigen Prismen, die, hintereinander angebracht, um eine gemeinsame Axe nach entgegengesetzten Richtungen drehbar sind.

Fig. 7.



Es seien — um dies weiter zu erläutern — in Fig. 7 *R* und *S* zwei genau gleiche Amici'sche Prismen, in hintereinander liegende cylindrische Hülsen eingesetzt und mit diesen um deren gemeinsame Axe drehbar. Diese Prismen seien so construirt, dass Strahlen einer bestimmten Farbe *D* ohne Ablenkung durch jedes hindurchtreten, Strahlen einer andern Farbe *F* aber in jedem Prisma gegen erstere um einen Winkel *k* in der Richtung des betreffenden Hauptschnittes abgelenkt werden. Durch einen geeigneten Mechanismus[1]) sei die Drehung der Prismen so regulirt, dass von der in der Figur dargestellten Anfangslage aus — bei welcher beide Hauptschnitte parallel und die brechenden Kanten nach derselben Seite gelegen sind — stets gleiche Winkel nach entgegengesetzter Seite durchlaufen werden, so dass also die zwei Hauptschnitte stets symmetrisch zur Anfangsebene geneigt bleiben. Dann werden die Hauptschnitte wiederum zusammenfallen nach einer Drehung um je 90°, 180° u. s. f., mit dem Unterschiede jedoch, dass nach der ersteren Drehung die brechenden Kanten gegeneinander gerichtet sind, nach der zweiten Drehung aber diese brechenden Kanten,

1) Es seien z. B., wie Fig. 7 schematisch andeutet, die einander zugekehrten Ränder *p* der beiden Hülsen mit übereinstimmender Verzahnung ausgestattet und zwischen beide Zahnkränze ein Trieb *t* eingefügt, durch welchen die Hülsen stets gleichzeitig und um je gleiche Winkel nach entgegengesetzten Seiten bewegt werden.

wieder gleich gerichtet, gerade entgegengesetzt zur Anfangslage liegen u. s. f.

Es ist durch eine einfache Ueberlegung einzusehen, dass unter den gemachten Voraussetzungen

1) Strahlen der Farbe *D* diese Prismencombination in jeder Stellung ohne Ablenkung passiren;

2) dass alle übrigen Farben stets nur innerhalb derjenigen Ebene Dispersion erleiden, in welcher die beiden Prismen unter sich gleichgerichtet zusammentreffen und welche oben als Anfangslage angenommen wurde;

3) dass während der Drehung die Grösse und der Sinn der Dispersion innerhalb jener Ebene für irgend zwei Farben so variirt wie die Diagonale eines Parallelogramms, dessen Seiten der Dispersion k der einzelnen Prismen proportional und mit der jeweiligen Richtung der Hauptschnitte übereinstimmend construirt werden.

Demnach verhält sich die beschriebene Prismencombination in allen Stücken wie ein einziges, für die Farbe *D* geradsichtiges Prisma, mit constantem Hauptschnitt aber variabeler Dispersion innerhalb desselben; und zwar ist für jede Stellung, welche durch eine beiderseits gleiche Drehung um den Winkel z herbeigeführt ist, der Betrag der wirksamen Dispersion für das angenommene Farbenintervall (und für alle andern Intervalle proportional)

$$x = 2\,k\,.\cos z,$$

wonach also dieser Betrag alle Werthe zwischen $-2k$ und $+2k$ annehmen kann. — Sieht man durch eine derartige Prismencombination nach einer zur Mittelebene der Hauptschnitte senkrecht stehenden Lichtlinie hin, so dehnt sich diese während der Drehung der Prismen in ein immer länger werdendes Spectrum aus, welches sich bei fortgesetzter Drehung wieder zu einem farblosen Bild zusammenzieht, um von da aus in ein wachsendes Spectrum mit entgegengesetzter Farbenfolge überzugehen u. s. f.

Die Verwendung der eben beschriebenen Vorrichtung als Compensator der Farbenzerstreuung für den vorher bezeichneten Zweck bedarf keiner weiteren Erklärungen. Wird er in irgend eine der früher betrachteten Combinationen in solcher Art zwischen Objectiv und Doppelprisma eingeschaltet, dass die Axe der Amici'schen Prismen mit der Axe des Objectivs zusammenfällt und zugleich die constante Mittelebene der drehbaren Prismen mit dem Hauptschnitt des Prisma's *A* parallel liegt, so muss sich stets

eine Stellung des Compensators finden lassen, bei welcher die von ihm herbeigeführte Dispersion zwischen den zwei Farben D und F gerade der Richtungsdifferenz gleich ist, welche Gleichung 4) für gleichzeitige Totalreflexion dieser beiden Farben erfordert. Soweit nun die Dispersion des Compensators auch für die übrigen Farben derjenigen des Prisma's A und derjenigen der Flüssigkeit proportional geht, d. h. abgesehen von den — meist kleinen — Abweichungen, welche der ungleichförmige Gang der Farbenzerstreuung in verschiedenen Substanzen herbeiführt, werden jetzt alle Strahlen gleichzeitiger Totalreflexion unterliegen, welche in ein und derselben Stelle der Focalebene des Objectivs ihren Sammelpunkt haben.

Durch die so ausführbare Achromatisirung der Totalreflexion wird es einestheils möglich, die beiden letzten Methoden zur Ermittelung des Brechungsexponenten mit weissem Licht genau in derselben Weise in Ausführung zu bringen, wie vorher für einfarbiges Licht beschrieben wurde — nur mit der Einschränkung, dass die Beobachtung allein diejenige Farbe betrifft, für deren Strahlen der Compensator genau geradsichtig ist; anderntheils aber gewährt dieses Verfahren zugleich ein neues Hilfsmittel zur Bestimmung der Farbenzerstreuung. Denn beobachtet man die Drehung z des Compensators, durch welche die Achromatisirung der Totalreflexion herbeigeführt wird, so gibt, wenn die Dispersion k der Amici'schen Prismen für ein bestimmtes Farbenintervall bekannt ist, der Ausdruck

$$x = 2 . k . \cos z$$

die zur Berechnung der Gleichung 5) erforderliche Winkeldifferenz $\delta\alpha$ für dieses Intervall; und es kann daraufhin die Dispersion δn der untersuchten Flüssigkeit nach der Formel

$$6)\quad \delta n = 2 . k . \frac{\cos\alpha . \cos\gamma . \cos z}{\cos\beta} + \frac{\sin w}{\cos\beta} . \delta\nu$$

direct berechnet werden.

Sollte übrigens die Achromatisirung mit sehr kleiner Dispersion ausführbar sein, so kann der Compensator ohne Nachtheil auch mit einem einzigen geradsichtigen Prisma hergestellt werden. Wenn dessen Hauptschnitt mit demjenigen des Prisma's A einen Winkel z bildet, so ist die im letzteren Hauptschnitt wirksame Dispersion

$$x = k . \cos z$$

Hierbei tritt zwar gleichzeitig eine dem Sinus von z proportionale Dispersion in der Richtung der brechenden Kante von A

auf, welche die der Axe parallel verlaufenden farbigen Strahlen seitlich ablenkt; so lange aber k klein ist, diese Ablenkung also für die verschiedenen Farben in engen Grenzen bleibt, entspringt daraus kein merklicherFehler in denjenigen Bestimmungen, welche zur Ableitung der Werthe von n und δn dienen.

11. Die Genauigkeit der Methode und der Einfluss der Beobachtungsfehler auf die Resultate.

Ehe dazu übergegangen wird, die experimentelle Ausführung der oben schematisch entwickelten Beobachtungsmethoden und die Einrichtung der dazu dienenden Apparate zu beschreiben, sollen zunächst die Chancen, welche diese Methoden für die Erlangung exacter Maassbestimmungen bieten, einer Discussion unterzogen werden, weil deren Ergebnisse, abgesehen von ihrem unmittelbaren Interesse, zugleich die Richtschnur für die zweckmässige Wahl der instrumentellen Hülfsmittel enthalten.

Hierbei bleibt in Betracht zu ziehen, einestheils, welche Grenzen für die Genauigkeit der unmittelbaren Beobachtung durch die Natur der zu beobachtenden Erscheinungen gesetzt sind; anderntheils, welchen Einfluss die unvermeidlichen Beobachtungsfehler vermöge des theoretischen Zusammenhangs unter den sämmtlichen Bestimmungsstücken auf die Resultate gewinnen.

Was zunächst die Bestimmung des absoluten Brechungsexponenten anlangt, so kommt bei allen Verfahrungsweisen der Einfluss derjenigen Grössen, welche das angewandte Glasprisma A characterisiren, in ganz gleicher Weise zur Geltung. — Wie etwaige Fehler bei der Bestimmung dieser Constanten w und ν wirken, ergiebt die folgende Entwickelung, bei welcher die auf Seite 139 eingeführten Zeichen wieder benutzt und ausserdem dw, $d\nu$ und dn zur Bezeichnung der angenommenen Fehler verwandt sind.

Aus den Gleichungen 3) und 2) auf Seite 139 folgt zuerst

$$dn = \sin\gamma \,.\, d\nu + \nu \cos\gamma \,.\, (dw + d\beta)$$

Gleichung 1) aber ergiebt

$$\cos\beta \,.\, d\beta = -\frac{1}{\nu^2} \sin\alpha \,.\, d\nu = -\sin\beta \,.\, \frac{d\nu}{\nu}$$

Demnach wird der Ausdruck für den Fehler im Werthe des gesuchten Brechungsindex

$$dn = \left(\frac{n}{\nu} - tg\,\beta \,.\, \cos\gamma\right) . \, d\nu + \nu \,.\, \cos\gamma \,.\, dw$$

Kraft d[illegible] der Methode ist $\frac{n}{\nu}$ stets ein ächter Bruch;

und da, wie das Folgende zeigen wird, bei ihrer Anwendung der Winkel β niemals den Betrag von 12—15° überschreitet, so ist der Coefficient des $d\nu$ auch im ungünstigsten Fall nur wenig grösser als die Einheit. Ein Fehler im Brechungsexponenten des Glasprisma's A zieht also niemals einen andern als einen beiläufig gleich grossen Fehler in dem Brechungsindex der Flüssigkeit nach sich. — Der Werth von γ ferner geht bei Ausführung der in Rede stehenden Beobachtungen niemals unter 45° herab, daher denn selbst bei hohem Werthe des ν der Coefficient von dw in obigem Ausdruck gleichfalls die Einheit nicht merklich überschreiten kann. Ein Fehler im Winkel w tritt also ebenfalls nur mit einem seiner Grösse (im Bogenmaass) nahehin gleichem Betrag in das schliessliche Resultat ein — was für einen Fehler von einer ganzen Minute nur ca. 3 Einheiten der vierten Decimalstelle austragen würde.

In Anbetracht der grossen Sicherheit, mit welcher an einem Glasprisma die Werthe von w und ν bestimmt werden können, dürfen demzufolge die Fehler dieser Constanten für den vorliegenden Zweck als völlig unschädlich angesehen werden. — Ausserdem ist aber noch ausdrücklich hervorzuheben, dass die Beschaffenheit des zweiten Prisma's, welches die flüssige Schicht nach der andern Seite hin begrenzt, für die Messung durchaus ohne Einfluss bleibt. Denn die Ableitung des gesuchten Brechungsindex gründet sich ausschliesslich auf das Verhalten der Strahlen an der dem Objectiv zugewandten Trennungsfläche zwischen Glas und Flüssigkeit; wie das Licht jenseits dieser Fläche verlaufen möge, tangirt weder die Beobachtung der Totalreflexion noch die zu bestimmende Stellung jener Grenzfläche gegen die Fernrohraxe — wofern nur keine Abblendung der nicht reflectirten Strahlen eintritt. Dass beide Prismen zusammen eine planparallele Platte ohne Ablenkung bilden, ist ausschliesslich im Interesse bequemerer Beobachtung, weil andernfalls bei jeder andern Stellung des Prismenpaares entweder die eintretenden oder die austretenden Strahlen eine andere Richtung verfolgen würden. Diesem Zweck ist aber vollständig genügt, wenn der Brechungsindex und der brechende Winkel des zweiten Prisma's den entsprechenden Grössen beim ersten auch nur annähernd gleich sind [1]).

1) Bei demjenigen Verfahren, bei welchem ein Spalt im Brennpunkt des Objectivs durch das Prismenpaar hindurch zu beobachten ist, muss natürlich vorausgesetzt werden, dass das zweite Prisma die Schärfe des Bildes nicht be-

Zweitens steht in Frage, wenn es sich um die Feststellung der Genauigkeitsbedingungen handelt, welchen Einfluss ein Fehler in der Bestimmung des Incidenzwinkels α, d. h. der Stellung des Prisma's A zur Fernrohraxe, gewinnt. Um diesen Einfluss zu beurtheilen, ist der Zusammenhang zwischen dn und $d\alpha$, unter Voraussetzung unveränderlicher Werthe für alle übrigen Bestimmungsstücke, aufzustellen. — Nun ergeben die auf Seite 139 aufgestellten Gleichungen

$$dn = \nu \,.\, \cos\gamma \,.\, d\gamma,$$
$$d\gamma = d\beta,$$
$$\cos\beta \, d\beta = \frac{1}{\nu}\cos\alpha \,.\, d\alpha,$$

woraus folgt

$$dn = \frac{\cos\alpha \,.\, \cos\gamma}{\cos\beta} \,.\, d\alpha$$

Da der äussere Incidenzwinkel α nothwendig immer grösser sein muss als derjenige im Innern des Glases, so ist stets

$$\frac{\cos\alpha}{\cos\beta} < 1$$

und nur im Falle senkrechter Incidenz gleich der Einheit. Setzt man nun, da in der That bei den später zu beschreibenden Apparaten die Incidenz an der ersten Prismenfläche stets mit kleinen Winkeln erfolgt, diesen ersten Theil des oben auftretenden Coefficienten schlechthin gleich Eins, so bleibt das Verhältniss zwischen dn und $d\alpha$ nur noch von $\cos\gamma$ abhängig. Es ist aber

$$\cos\gamma = \sqrt{1 - \left(\frac{n}{\nu}\right)^2},$$

wonach man dieses Verhältniss für die vorkommenden Fälle leicht berechnen kann. — Gäbe man z. B. dem Glasprisma den sehr hohen Brechungsindex $\nu = 1{,}70$, so würde für den niedrigsten bei Flüssigkeiten vorkommenden Werth von n, 1,33, obiger Ausdruck 0,6 ergeben; unter der Voraussetzung eines Crownglasprisma's ($\nu =$ 1,51) würde aber bei $n = 1{,}33$ nur 0,47 folgen. Der niedrigste Werth von n entspricht aber dem ungünstigsten Fall; liegt die Flüssigkeit dem angewandten Glase näher, so ergeben sich merklich kleinere Zahlen.

Hiernach lässt sich die Empfindlichkeit der Methode ermessen. Sehr kleinen Unterschieden im Brechungsindex entsprechen relativ grosse Unterschiede in der Stellung der Prismen oder im

einträchtige. Bei den andern Methoden, wo in der Focalebene des Objectivs beobachtet wird, fällt sogar dieser Anspruch hinweg.

äusseren Incidenzwinkel der Strahlen. In den beiden ungünstigsten Fällen würde, wenn $d\alpha = 1$ Bogenminute, d. h. $= 0,0003$ ca. gesetzt wird, die zugehörige Differenz dn in dem einen 18, im andern nur 14 Einheiten der fünften Decimale ausmachen, demnach umgekehrt ein Unterschied gleich der Einheit der dritten Decimale beiläufig $5^1/_2$, bezüglich 7 Bogenminuten Unterschied in dem zu messenden Winkel herbeiführen. Die hinreichend genaue Beobachtung der Einstellungswinkel, sei es an einer Kreistheilung, sei es — wie das vierte Verfahren voraussetzt — an einer mikrometrischen Scala im Sehfeld des Fernrohrs, kann also niemals die geringsten Schwierigkeiten finden. Im Gegentheil werden für die Ausübung der in Rede stehenden Methode sehr viel gröbere Theilungen und viel rohere Einstellungs- und Ablesungsvorrichtungen wie bei der Untersuchung von Prismen, ausreichend sein; was der Herstellung einfacher und handlicher Apparate für jenen Zweck besonders zu Statten kommt.

Das Vorstehende giebt zugleich Gewähr dafür, dass sowohl diejenigen kleinen Richtungsdifferenzen, welche bei den zwei ersten Beobachtungsweisen durch die Breite des erforderlichen Spaltes eingeführt werden, wie auch kleine unregelmässige Ablenkungen, welche die Strahlen erleiden möchten, die Genauigkeit der Messungen nicht beeinträchtigen werden. Solche unregelmässige Ablenkungen treten ein, wenn z. B. das Objectiv nicht vollkommen frei von sphärischer und chromatischer Aberration ist und namentlich, wenn die Beobachtung — sei es mit Spalt oder mit freiem Sehfeld — nicht genau in der Focalebene des Objectivs erfolgt. Beide Fehler bewirken, dass diejenigen Strahlen, die ein und demselben Punkt der Einstellungsebene entsprechen, vor dem Objectiv nicht vollkommen parallel verlaufen und daher kleine Unterschiede im Incidenzwinkel haben. Bei nur einigermaassen richtiger Construction und Orientirung dürfen solche Fehler als vollkommen unschädlich angesehen werden. — Gleiches gilt von denjenigen Abweichungen, zu welchen bei den zwei letztbeschriebenen Verfahrungsweisen die Compensator-Prismen Anlass geben, wenn dieselben nicht beide für die bestimmte Farbe, für welche der absolute Brechungsindex der Flüssigkeiten bestimmt werden soll, ganz genau geradsichtig sind. Selbstverständlich ist diese Anforderung nicht in aller Strenge zu erfülllen. Bei kunstgerechter Anfertigung solcher Amici'scher Prismen lässt sich indess die Ablenkung einer vorgeschriebenen Farbe z. B. des Natronlichtes, in der Richtung des Hauptschnittes mit Sicherheit unter einer Bogenminute halten; und da der Verfertiger

leicht darauf Bedacht nehmen kann, nicht Prismen mit Fehlern gleichen Sinnes zu verbinden, so braucht die im Hauptschnitt wirksame Ablenkung auch für die ganze Combination niemals den Betrag von einer Minute, der hieraus zu befürchtende Fehler im Brechungsindex also auch im ungünstigsten Falle niemals zwei Einheiten der vierten Stelle zu erreichen. — Wichtig ist aber für die Verwendung dieser Vorrichtung, dass der bei der Construction zusammengesetzter Prismen viel schwieriger zu vermeidende Pyramidalfehler, durch welchen Ablenkung in der Richtung der brechenden Kanten entsteht, bei den Beobachtungen vollständig eliminirt werden kann. Denn jede Grösse der Dispersion, die zur Achromatisirung der Totalreflexion erfordert wird, kann mit dem auf Seite 146 beschriebenen Compensator bei zwei Stellungen, denen entgegengesetztes Vorzeichen der Drehung z entspricht, herbeigeführt werden. Man überzeugt sich leicht, dass die in die Richtung der resultirenden Dispersion fallenden Componenten der etwaigen Seiten-Ablenkung bei diesen zwei Stellungen in entgegengesetztem Sinne wirken, daher denn bei der einen Einstellung der Incidenzwinkel der Strahlen an der Fläche A um ebenso viel vergrössert wie er bei der andern verkleinert wird. Beobachtet man also in beiden Stellungen, so ist das Mittel aus den erhaltenen Ablesungen vom Einfluss des Pyramidalfehlers frei.

Drittens endlich ist bei Beurtheilung der in Rede stehenden Methoden maassgebend, welcher Schärfe die Beobachtung der beginnenden Totalreflexion fähig ist. Hierbei kommt einestheils die Möglichkeit constanter Fehler, anderntheis die grössere oder geringere Sicherheit in der Auffassung der zu beobachtenden Erscheinung in Betracht.

Constante Fehler anlangend, so ist bei der Einfachheit und Unanfechtbarkeit der theoretischen Grundlage, auf welcher die Ableitung des Brechungsexponenten aus der Totalreflexion beruht, kaum eine andere Gefahr vorhanden als die, dass bei Ausführung des Experiments gewisse Bedingungen nicht gehörig erfüllt sein könnten, welche das Princip der Methode fordert. Solcher sind aber nur zwei; eine geometrische: dass solche Strahlen, die überhaupt bei der Beobachtung in Betracht kommen, durch kein anderes Hinderniss ausser der totalen Reflexion der Flüssigkeit am freien Durchtritt durch das Doppelprisma verhindert seien; und eine physikalische: dass die optischen Eigenschaften der untersuchten Substanz durch das Einbringen derselben zwischen die Glasprismen keine Veränderung erleiden.

Es ist nicht überflüssig, die in Rede stehenden Combinationen auf beide Punkte hin genauer an zu sehen, weil beide in der That zu Bedenken Anlass geben könnten.

Da die flüssige Schicht zwischen den Prismen doch jedenfalls eine gewisse, wenn auch sehr geringe Dicke haben muss und in ihrer Flächenausdehnung nicht unbegrenzt gross sein kann, die der totalen Reflexion nahen Strahlen in diese Schicht aber mit sehr grossem Incidenzwinkel — beinahe streifend — eintreten, so ist in der That eine Abblendung vor der wirklichen Totalreflexion, durch die Begrenzung der flüssigen Schicht, unvermeidlich; und es bedarf einer besonderen Untersuchung, um den Einfluss dieser Nebenwirkung festzustellen. — Zu diesem Zwecke werde angenommen, dass, während der wirklichen Totalreflexion ein Incidenzwinkel $= 90^0$ innerhalb der Flüssigkeit entspricht, ein Incidenzwinkel von $90^0 - \xi$ den Durchtritt eines Strahles durch die Schicht schon unmöglich mache, indem dabei der betreffende Strahl deren äussere Begrenzung früher als die gegenüberliegende Prismenfläche erreiche. Alsdann ist — unter Beibehaltung der früher gebrauchten Zeichen — der zugehörige Incidenzwinkel desselben Strahls im Glase, dem Brechungsgesetz nach, durch die Gleichung gegeben:

$$\sin\gamma' = \frac{n}{\nu} \cdot \sin(90 - \xi) = \frac{n}{\nu} \cdot \cos\xi$$

Wird nun dieser Strahl für total reflectirt genommen und demnach der Winkel γ' statt des wahren Grenzwinkels γ der Berechnung des Brechungsindex der Flüssigkeit zu Grunde gelegt, so erhält man, wie leicht zu sehen, an Stelle des wahren Werthes n den Werth

$$n' = n \cos\xi$$

oder annähernd

$$n' = n - \frac{1}{2} n \,.\, \xi^2;$$

wonach also der einem Abblendungswinkel ξ entsprechende Fehler im Brechungsindex

$$dn = -\frac{1}{2} n \xi^2$$

beträgt.

Würde nun für ξ z. B. 1^0 angenommen, also vorausgesetzt, dass die flüssige Schicht undurchgängig sei für alle Strahlen, die stärker als um 89^0 gegen die Normale geneigt in ihr verlaufen, so ergäbe sich eine scheinbare Verminderung des Brechungsexponenten um $0{,}00015 \,.\, n$, was auch bei den grössten für n vorkommenden Wer-

then nur wenig über zwei Einheiten der vierten Stelle austragen würde. — Sollte aber auch die Dicke der Schicht auf 0,1 Mm. steigen, so würde der Abblendungswinkel die angenommene Grösse doch erst dann erreichen können, wenn der von der Einfallsstelle des Strahles bis zum Rand der Schicht frei bleibende Weg weniger als 6 Mm. betrüge. Es ist aus diesem Beispiel zu entnehmen, wie leicht die Gefahr einer schädlichen Abblendung der Strahlen innerhalb des Doppelprisma's beseitigt werden kann.

Auch der zweite Punkt, die Möglichkeit einer Veränderung des Brechungsvermögens einer Substanz durch das Einbringen derselben zwischen Glasprismen, erledigt sich leicht. Denn obwohl es kaum zweifelhaft sein kann, dass die Flüssigkeit in unmittelbarer Nähe an den Glasflächen in ihrer molecularen Beschaffenheit mehr oder minder verändert sein wird, so ist doch a priori weder wahrscheinlich, dass die verändernde Einwirkung der Glasmasse bis zu einem merklichen Abstand von der Berührungsfläche reichen, noch viel weniger aber, dass sie in einer Erniedrigung des Brechungsvermögens der Flüssigkeit sich äussern werde. Der Grenzwinkel der totalen Reflexion bestimmt sich aber offenbar stets nach dem niedrigsten Brechungsexponenten, der innerhalb der flüssigen Schicht vorkommt, und kann daher einen andern Werth als der normalen Beschaffenheit der Flüssigkeit entspricht, nur dann gewinnen, wenn entweder die moleculare Veränderung die flüssige Schicht durch ihre ganze Tiefe trifft, oder wenn unmittelbar an der Glasfläche eine Verminderung des Brechungsexponenten eintritt. Demnach ist zu erwarten, dass die in Rede stehende Einwirkung unschädlich bleiben wird, so bald die Schicht dick genug ist, um in der Mitte derselben die moleculare Veränderung als unmerklich annehmen zu dürfen. Welche Dicke dieser Bedingung genügen wird, ist allerdings nicht theoretisch zu bestimmen. Die Versuche aber, die ich mit den verschiedenartigsten Flüssigkeiten angestellt habe, lehren, dass der Grenzwinkel der totalen Reflexion stets dem im Hohlprisma bestimmten Brechungsindex genau entspricht, sobald überhaupt eine genaue Beobachtung der totalen Reflexion nach der hier betrachteten Methode möglich ist; was — später zu erwähnender Hindernisse wegen — erst bei einer Dicke von 0,03—0,05 Mm. eintritt.

Was ferner die Sicherheit anlangt, mit welcher der Eintritt der Totalreflexion zu beobachten ist — worüber natürlich nur die Erfahrung Auskunft geben kann — so lehren Experimente mit den noch näher zu beschreibenden Apparaten, dass bei Be-

rücksichtigung einiger im Folgenden noch zur Sprache kommenden Vorsichtsmaassregeln die Auffassung der Erscheinung jeder nur irgend wünschenswerthen Schärfe fähig ist. Bei den zwei ersten Beobachtungsweisen erscheint die Auslöschungsgrenze in dem beobachteten Spectrum bei Anwendung eines ganz correcten Prisma's und eines hinreichend engen Spaltes als eine vollkommen scharfe Linie, welche den noch sichtbaren Theil des Spectrums gegen den verdunkelten deutlich abgrenzt, deren Fortschreiten bei allmähliger Drehung des Doppelprisma's in den feinsten Abstufungen verfolgt werden kann. Verwachsen und undeutlich wird die Trennungslinie nur in dem Falle, in welchem auch die Genauigkeit der Messung von der Schärfe der Einstellung auf eine bestimmte Farbe unabhängig ist, wenn nämlich die Dispersion der Flüssigkeit mit derjenigen des Doppelprisma's fast übereinstimmt und das ganze Spectrum beinahe gleichzeitiger Auslöschung unterliegt. — Erscheint nun das Spectrum des Spaltes in hinreichender Ausdehnung und mit gut sichtbaren Fraunhofer'schen Linien, so kann wenigstens in den helleren Theilen die Auslöschungsgrenze fast mit derselben Sicherheit wie bei den Messungen am Spectrometer der Spalt oder das Fadenkreuz, auf eine bestimmte Farbe eingestellt werden.

Diese Beschaffenheit des Spectrums lässt sich allerdings nur bei Anwendung directen Sonnenlichtes erreichen, weil andernfalls die Lichtstärke weder genügende Verengerung des Spaltes noch genügende Vergrösserung erlauben würde. Wo indess die Genauigkeit der Messungen nicht erheblich über die Einheit der dritten Decimale hinauszugehen braucht, reicht ein ganz kurzes Spectrum ohne Fraunhofer'sche Linien, sowie es mit diffusem Tageslicht oder mit einer Lichtflamme unter Anwendung eines breiteren Spaltes leicht erzielt wird, vollkommen aus, wenn man die Einstellung stets für den Uebergang zwischen Orange und Grün ausführt. Bei der raschen Veränderung des Farbentones in dieser Gegend des Spectrums ist es nach einiger Uebung sehr leicht, auf die blosse Farbenwahrnehmung hin immer dieselbe Stelle zu treffen; und zwar gerade die Fraunhofer'sche Linie D, deren Licht, weil es nahezu das Maximum der Helligkeit im Spectrum bezeichnet und ausserdem experimentell so leicht darstellbar ist, unter allen Farben am meisten sich eignet, der Bestimmung der absoluten Brechungsexponenten zu Grunde gelegt zu werden.

Wird ferner nach den zwei andern Methoden unter Benutzung des Compensators in freiem Sehfeld beobachtet, so hängt die Schärfe

der Einstellung bei Anwendung weissen Lichtes wesentlich von dem Gange der Dispersion in der zu untersuchenden Flüssigkeit ab. Ist dieser nahehin übereinstimmend mit demjenigen im Doppelprisma und in den Compensator-Prismen, so erhält man eine vollkommen farblose und scharfe Grenzlinie zwischen dem hellen und dem dunkeln Theile des Sehfeldes, welche sowohl an einem Fadenkreuz wie auch an einer Scala sehr genau eingestellt werden kann. Bei der grossen Mehrzahl der vorkommenden Flüssigkeiten von normaler Dispersion ist obige Bedingung in genügendem Maasse erfüllt, selbst wenn zur Construction der Apparate ziemlich schweres Flintglas verwandt wird. Nur bei einigen sehr stark brechenden Substanzen, wie bei Schwefelkohlenstoff und einigen ätherischen Oelen, macht sich die in den höheren Farben stark wachsende Dispersion durch eine weniger scharfe, violett umsäumte Grenzlinie bemerklich. Indess ist auch hier (da sich in diesen Fällen die Anwendung eines anderen als eines sehr stark brechenden Glases von selbst ausschliesst), die Unsicherheit der Einstellung nicht so gross, als dass der absolute Brechungsindex nicht auch ohne monochromatisches Licht noch auf 4 — 5 Einheiten der vierten Decimalstelle genau erhalten werden könnte.

Substanzen mit anomaler Dispersion hingegen können nach dieser letzteren Methode nur untersucht werden, wenn die Beobachtung ohne Compensator mit monochromatischen Lichtquellen von verschiedener Farbe ausgeführt wird.

Was schliesslich die Genauigkeitsbedingungen für die Messung der Farbenzerstreuung anbetrifft, so ist, so weit es sich dabei um diejenigen Combinationen handelt, bei welchen ein Spectrum beobachtet wird, dem Vorstehenden wenig mehr hinzuzufügen. Vorausgesetzt, dass die Differenzen des Brechungsindex für den maassgebenden Theil des Doppelprisma's genau bekannt sind, fordert die Bestimmung der entsprechenden Differenzen für die zu untersuchende Substanz nach der auf Seite 144 aufgestellten Gleichung 5) nichts weiter als die Kenntniss der Drehung $\delta\alpha$, welche die Grenzlinie der Totalreflexion von einer Farbe auf die andere führt. Nachdem Dasjenige, was auf die Genauigkeit der Einstellung auf bestimmte Farben Bezug hat, schon zur Sprache gekommen ist, bleiben nur noch die Ansprüche zu erwägen, welche an die Ausmessung der betreffenden Winkeldifferenzen zu stellen sind. Was hierzu gehört, ist aber bei Gelegenheit einer andern Erörterung auf Seite 151 schon dargelegt. Dort ist gezeigt, dass der Factor, mit welchem in der Gleichung für δn der Werth von $\delta\alpha$ multipli-

cirt ist, den Betrag von 0,6 in keinem Falle erreichen kann; woraus denn folgt, dass eine Unsicherheit von $^1/_4$ Bogenminute bei der Messung der Winkeldifferenzen den Werth von δn erst in der fünften Decimalstelle um höchstens 4—5 Einheiten beeinflusst. — Diese Messung stellt also in keinem Falle höhere Anforderungen, als mit den gewöhnlichen Winkelmessinstrumenten auch ohne die Hilfe mikrometrischer Vorrichtungen leicht befriedigt werden können.

Die Bestimmung der Farbenzerstreuung mittelst des Compensators bleibt, wenn die Dispersionsgrösse k der Compensatorprismen ein für alle mal ermittelt ist, — was natürlich mit grosser Genauigkeit geschehen kann, — kaum andern Fehlern unterworfen als denen, die aus ungenauer Einstellung entspringen. Denn diejenigen Mängel der Amici'schen Prismen, welche die Messung des absoluten Brechungsindex möglicher Weise beeinträchtigen könnten, bleiben für die Differenzen ohne merklichen Einfluss; eine Abweichung der Mittelebene beider Prismen (d. h. derjenigen Ebene, in welcher die Hauptschnitte beider znsammenfallen) vom Hauptschnitt des Doppelprisma's ändert die wirksame Dispersion nur im Verhältniss des Cosinus dieser Abweichung zur Einheit, ist also erst bei ganz grobem Constructionsfehler schädlich; und eine falsche Bestimmung des Nullpunktes für die Messung der Drehungswinkel z eliminirt sich vollständig in dem Mittel aus zwei entgegengesetzten Drehungen. Es bleibt also nur noch in Frage, welcher Sicherheit die Einstellung selbst fähig ist. — In dieser Hinsicht würden die Bedingungen jedenfalls die möglichst günstigen werden, wenn man successive Einstellungen bei monochromatischer Beleuchtung in verschiedenen Farben ausführen und dabei jedesmal diejenige Stellung des Compensators aufsuchen wollte, welche die Grenzlinie auf das Fadenkreuz führt, wenn vorher das Doppelprisma für die Normalfarbe des Compensators eingestellt ist. In diesem Falle wie auch wenn mit einer doppelfarbigen Lichtquelle beobachtet und die Auslöschungsgrenzen beider Farben durch den Compensator zur Coincidenz gebracht würden, bliebe die Schärfe der Einstellung und auch die Maassbestimmung der Dispersion von der Gleichförmigkeit oder Ungleichförmigkeit der letzteren völlig unabhängig; und wenn man hinreichend intensive Lichtquellen verwenden wollte, würde — wie das Verhalten einer gut leuchtenden Natronflamme beurtheilen lässt — eine sehr grosse Genauigkeit erreicht werden können. Handelt es sich dagegen um die bequemere und einfachere Anwendung des Ver-

fahrens mit weissem Licht, so kann in den meisten Fällen weder die Bestimmung der Compensatordrehung noch die Auswerthung derselben die nämliche Sicherheit wie bei Messungen mit isolirten Farben gewinnen; die erstere nicht, weil die grössere oder geringere Verschiedenheit im Gange der Dispersionen von Compensator, Doppelprisma und Flüssigkeit immer sogen. secundäre Farbensäume an der Auslöschungsgrenze übrig lässt, die das Auge nicht immer in gleicher Weise auffasst; das andere, die Maassbestimmung, nicht, weil es ungewiss bleibt, welche Farben bei irgend einer bestimmten Einstellung wirklich zur Deckung gebracht worden sind. Das Resultat kann also die Dispersion der Flüssigkeit nur in einem Mittelwerthe angeben, der sich thatsächlich auf diejenigen Farben beziehen wird, deren Zusammenfallen den Eindruck der Achromasie am meisten begünstigt. Welche Farben im einzelnen Falle diese Rolle spielen, wird nicht nur von der subjectiven Auffassung der Farbeneindrücke, sondern auch vom Gange der Dispersion in der beobachteten Substanz abhängen. Wie aber a priori anzunehmen ist, dass in dieser Beziehung immer der hellere Theil des Spectrums dominirend sein wird, so zeigt die Erfahrung, dass man den anderweitig gemessenen wahren Werthen der Farbenzerstreuung bei diesen Beobachtungen durchschnittlich am nächsten kommt, wenn man die Einstellung des Compensators auf möglichst farblose Grenzen als eine Vereinigung der Strahlen der Fraunhofer'schen Linien *C* und *F* interpretirt und demgemäss bei der Berechnung der Ablesungen die Dispersion des Compensators für dasselbe Intervall zu Grunde legt. — Nach meinen Beobachtungen wird auf solche Art der wirkliche Unterschied des Brechungsexponenten zwischen den genannten Strahlen immer bis auf 1,5, höchstens 2 Procent des ganzen Betrages getroffen — was für die meisten Bedürfnisse eine völlig ausreichende Genauigkeit sein möchte.

12. Die Anwendung der Methode beim Gebrauch des Spectrometers.

Nachdem im Voranstehenden die Methoden in ihren wesentlichen Stücken entwickelt nnd zugleich alle die Umstände in Betracht gezogen worden sind, von welchen bei der Anwendung die Genauigkeit der Resultate abhängt, bleibt nur noch die Einrichtung der äussern Hilfsmittel und das Detail des Beobachtungsverfahrens anzugeben.

Den nächstliegenden und für genaue Messungen vortheilhaftesten Weg zur Ausübung der fraglichen Methoden bietet die Anwendung eines Spectrometers von der früher beschriebenen Construction dar, indem dieses alle Hilfsmittel zur Ausführung der einzelnen Operationen in der vollkommensten Form zur Disposition stellt. Es wird dabei nichts weiter erfordert als ein Doppelprisma mit solcher Fassung, dass es leicht und sicher auf den Prismenträger des Spectrometers aufgebracht werden kann. Ich benutze für diesen Zweck eine eben solche runde Scheibe mit centralem Ausschnitt wie zur Application gewöhnlicher Prismen; nur ist an ihr der Ausschnitt grösser und ist in demselben eine kleinere ebene Platte rechtwinklig zur Fläche der grossen Scheibe befestigt, so dass, wenn das Ganze an den Ring des Spectrometers angeklemmt wird, ein ebenes Tischchen entsteht, welches durch die Regulirvorrichtung des Prismenträgers parallel zum Theilkreis gerichtet werden kann (Fig. 5 auf der Tafel IV). Die Prismen sind einzeln in geschwärzte Messingfassungen eingekittet, so dass von jedem nur die wirksamen beiden Flächen freiliegen. Dabei steht, wie Fig. 6 auf der Tafel erkennen lässt, die Hypotenusenfläche des einen (*A*) um ca. 1 Mm. über den Rand der Fassung vor, während die des andern *B* um nicht ganz denselben Betrag zurückliegt. Beim Zusammenlegen beider Prismen haben daher die vorstehenden Messingränder der Fassung von *B* am Prisma *A* selbst Führung, so dass eine an der Rückwand von *B* befestigte Feder, die in einen kleinen Ausschnitt der Fassung von *A* eingreift, genügt, um beide Prismen in richtiger Lage zusammenzuhalten. — Die Fassung von *A* (welche stets dem Fernrohr zugekehrt wird) trägt an ihrer unteren gut geebneten Aussenfläche ein kurzes Zäpfchen, welches in ein Loch der Tischplatte einpasst, während die eine Kante der Fassung an eine Leiste sich anlegt und die Kathetenfläche des Prisma's der Ringebene parallel stellt.

Die Vorbereitung der Messung besteht, wenn man von der Bestimmung der Constanten absieht, blos darin, dass zuerst das Prisma *A* allein auf das Tischchen gesetzt und in seinen beiden Flächen auf die im ersten Theile beschriebene Weise mit Hilfe der Spiegelbilder des Spaltes justirt wird. Hierauf wird es wieder abgenommen, ein Tropfen der zu untersuchenden Flüssigkeit auf die gereinigte Hypotenusenfläche gebracht, das zweite Prisma darüber geschoben, so dass die Schlussfeder einspringt, und nun das Ganze wiederum aufgesetzt, wobei allein darauf Bedacht zu nehmen bleibt, dass die vorher bewirkte Justirung nicht durch eine

Drehung des Ringes beim Wiederaufsetzen gestört werde. Hiermit ist Alles zur Ausführung der Beobachtung bereit.

Beim Einbringen der Flüssigkeit bleibt indess eine Vorsichtsmaassregel zu beachten, welche hier wie auch bei allen anderen im Folgenden noch zu beschreibenden Formen der Beobachtung für die Sicherheit der Messung von entscheidendem Belang ist. Wenn nämlich die Glasflächen unmittelbar auf einander gelegt werden, so wird auch bei noch so vollkommener Ausführung der Prismen an einigen Stellen wirkliche Berührung eintreten und die Trennungsschicht an diesen Stellen für alle Richtungen durchsichtig sein. Aber auch hiervon abgesehen fordert die Beseitigung der auf Seite 155 erwähnten principiellen Bedenken, dass die Dicke der Schicht nicht auf moleculare Dimensionen herabgehe; und endlich ist auch eine genaue Beobachtung der beginnenden Totalreflexion nur möglich, wenn die Flüssigkeit zwischen den Prismen eine gewisse gleichförmige Dicke hat, weil andernfalls durch Interferenz zwischen den einfach durchgehenden und den an den beiden Trennungsflächen wiederholt reflectirten Strahlen so starke Säume in der Nähe der Auslöschungsgrenze auftreten, dass deren Lage nicht mehr genau zu bestimmen ist; zumal dabei die geringsten sonst völlig unschädlichen Unebenheiten der Glasflächen sehr störende Unregelmässigkeiten bewirken. Alle diese Hindernisse aber fallen sogleich hinweg, sobald man vor dem Aufstecken des zweiten Prisma's zwei schmale Streifchen von dünnem Briefpapier oder Stanniol auf die Enden der Hypotenusenfläche, an deren kurzen Seiten, auflegt, so dass der Abstand der Prismen auf einer wahrnehmbaren Grösse — etwa $^1/_{20}$—$^1/_{10}$ Mm. — erhalten wird; was nach dem auf Seite 155 über die mögliche Gefahr einer Abblendung Gesagten nicht dem geringsten Bedenken unterliegen kann.

Die Einstellung des Doppelprismas auf die beginnende Totalreflexion kann beim Gebrauch des Spectrometers auf zweierlei Weise erfolgen.

Erstens kann man durch die Prismen hindurch den Spalt des Collimatorfernrohrs beobachten, indem man diesen auf die gewöhnliche Art durch seitlich einfallendes Licht beleuchtet, das Ocular aber zudeckt, damit die Umgebung des Spaltes dunkel bleibe. Um dabei das Bild der Lichtlinie in ein Spectrum von hinreichender Ausdehnung zu verwandeln, bediene ich mich eines kleinen Fernrohrs von etwa 6facher Vergrösserung, vor dessen Objectiv ein gutes Amici'sches Prisma von etwa 15 Mm. frei-

Oeffnung fest aufgesteckt ist. Dieses Fernrohr wird auf einem ganz einfachen Stativ neben dem Spectrometer aufgestellt und so gerichtet, dass das Spectrum in seinem Gesichtsfeld erscheint. Die Einstellung der Auslöschungsgrenze auf die einzelnen Fraunhofer'schen Linien kann dann in aller Sicherheit bewirkt werden, indem man, durch dieses Fernrohr sehend, den Theilkreis des Spectrometers mit freier Hand langsam fortdreht; wobei es die richtige Einstellung erleichtert, wenn man ein Fadenkreuz im Oculare durch leichte Drehung des Beobachtungsrohrs auf die betreffende dunkle Linie vor ihrem völligen Verschwinden einstellt, um sodann die Auslöschungsgrenze auf dieses Fadenkreuz zu führen. Wenn die beiden Theile des Doppelprisma's aus dem nämlichen Glase gefertigt sind und nahehin gleiche Winkel haben und wenn das Stativ des Hilfsfernrohrs einigermaassen sichern Stand hat, ist durch die kleine Drehung zwischen beiden Einstellungen eine Veränderung nicht zu befürchten.

Zweitens kann die Beobachtung auch nach der dritten Methode im Sehfelde des Collimatorfernrohrs ausgeführt werden, wenn man eine Lichtquelle zur Verfügung hat, welche einfarbiges Licht oder doch nur Strahlen von wenigen discreten Farben liefert. Der Spalt des Collimatorfernrohrs beibt dabei ganz ausser Gebrauch; nur die den Spalt verlängernden kurzen Schneiden werden anstatt eines Fadenkreuzes zur Einstellung benutzt. Die Lichtquelle wird dicht neben dem Instrument, in der Richtung der Fernrohraxe, so aufgestellt, dass vor Beginn der Totalreflexion das ganze Sehfeld gleichmässig erhellt erscheint. — Eine gut leuchtende Natronflamme in dieser Weise benutzt, gewährt eine sehr deutliche Auslöschungsgrenze, welche mit grosser Sicherheit in die Mitte der Schneiden gebracht werden kann, wenn man durch passend angebrachte Schirme das Sehfeld von anderen Strahlen frei hält.

Die Data zur Berechnung der Brechungsindices, nämlich die Werthe des Winkels α, erhält man natürlich bei beiden Verfahrungsweisen dadurch, dass nacheinander der Theilkreis abgelesen wird für diejenige Stellung des Doppelprisma's, bei welcher die Totalreflexion eintritt, und für diejenige, bei der die vordere, d. h. die dem Objectiv zugewandte Prismenfläche normal zur Fernrohraxe gerichtet ist.

Die Construction der Prismen anlangend, so wird man den Winkel w am zweckmässigsten so bestimmen, dass für die beiden äussersten Werthe der Brechungsexponenten, die dem Doppelprisma noch zugänglich sein sollen, die Incidenz an der vordern

Glasfläche nahehin um gleich viel nach beiden Seiten von der Senkrechten abweicht; die Wahl der Glasart aber wird sich zu richten haben nach dem Spielraum im Brechungsexponenten, für welchen der Apparat brauchbar sein soll. — Wird verlangt, dass alle Flüssigkeiten vom Wasser bis zum Schwefelkohlenstoff mit ein und demselben Prismenpaar zu beobachten seien, so muss sehr schweres Flintglas in Anwendung kommen; braucht dagegen der Apparat z. B. nur bis zum Brechungsexponenten 1,55 zu reichen, so genügt ein mittleres Flint von etwa 1,61 bis 1,62 für Natronlicht; und Crownglas reicht aus, wenn nicht höhere Brechungsexponenten als etwa 1,45 in Frage stehen. Wegen der leichteren Herstellung und der grösseren Dauerhaftigkeit wird man aber immer bei Glasarten von geringerem Brechungsvermögen stehen bleiben, wenn nicht der besondere Zweck, dem der Apparat dienen soll, andere nöthig macht.

Berechnet man z. B. unter Voraussetzung eines schweren Flintglases von 1,68 die Grenzwinkel der Totalreflexion einerseits für $n = 1{,}30$, andererseits für 1,63, so ergiebt sich, dass bei einem Prismenwinkel von 63—64° die extremen Einfallswinkel, nach beiden Seiten hin etwa gleiche Grösse erhalten; und da auch für die andern namhaft gemachten Fälle bis auf geringe Unterschiede derselbe Werth kommt, so wird bei allen derartigen Prismencombinationen die Hypotenusenfläche mit der kurzen Kathete einen Winkel von p. p. 64° zu bilden haben; was auf ganz bequeme Formen führt.

Was zuletzt die Bestimmung der Constanten des wirksamen Prisma's anbetrifft, so ist der Winkel w natürlich jederzeit auf dem gewöhnlichen Wege zu messen. Soll aber auch der Brechungsexponent und die Farbenzerstreuung an diesem nämlichen Prisma mittelst des Spectrometers beobachtet werden, so bleibt nichts weiter übrig, als auch die lange Kathetenfläche poliren zu lassen und vor dem Einkitten des Prisma's in die Fassung die betreffende Messung an dem kleineren brechenden Winkel dieser langen Seite auszuführen.

Wenn schon die hier beschriebene Methode nicht ganz dieselbe Genauigkeit gewährt, die man unter günstigen Umständen mit sehr guten Apparaten und bei sehr sorgfältiger Ausführung der Messung mittelst des Hohlprisma's zu erreichen vermag, so sind dagegen solche Bestimmungen, von denen keine grössere Genauigkeit als auf zwei bis drei Einheiten der 4. Decimalstelle verlangt wird, mit ihrer Hilfe nicht nur durch ein viel weniger vollkom-

menes Instrument sondern auch mit erheblich einfacheren Operationen zu erhalten; und sie bietet, abgesehen von dem geringen Substanzverbrauch, ausserdem noch den Vortheil, auf Substanzen anwendbar zu sein, die sich, sei es wegen ungenügender Reinheit, sei es wegen starker Färbung, im Hohlprisma gar nicht oder nur sehr schwierig untersuchen lassen.

Für einige besondere Zwecke mag auch noch der Vorzug zu Statten kommen, dass man bei dieser Beobachtungsmethode grosse Temperaturdifferenzen der zu untersuchenden Substanz ohne alle Umstände mit voller Sicherheit in der Gewalt hat. Man braucht offenbar nur das Doppelprisma mit sammt der Flüssigkeit hinreichend lange in einem Bad von genau bestimmter Temperatur zu erwärmen, um der Temperatur der Flüssigkeit während der Messung sicher zu sein, da in den paar Augenblicken, die nach vorheriger Justirung zwischen dem Aufbringen und der Einstellung verstreichen, eine Abkühlung oder Erwärmung der eingeschlossenen Schicht vollkommen unmöglich ist.

13. Selbstständige Apparate (Refractometer) zur optischen Bestimmung von Flüssigkeiten.

Die günstigen Bedingungen, welche das Princip der Totalreflexion in Bezug auf leichte und bequeme Ausführung dioptrischer Maassbestimmungen an Flüssigkeiten gewährt, legen den Gedanken nahe, im Interesse der mancherlei wissenschaftlichen und praktischen Aufgaben, die von solchen Maassbestimmungen Nutzen ziehen könnten, compendiöse und leicht zu gebrauchende Instrumente für die Ausübung jener Methode zu construiren, um diese Ausübung unabhängig vom Gebrauch eines Spectrometers zu machen. Die Möglichkeit dessen ist gegeben durch die geringe Zahl wesentlicher Theile, die, den vorangehenden Entwickelungen zu folge den erforderlichen Apparat ausmachen und durch die geringen Ansprüche, welche die Methode an die Genauigkeit der Winkelmessungen stellt.

Als wesentliche Bestandtheile eines vollständigen Instruments figuriren bei den drei zuletzt beschriebenen Verfahrungsweisen, ausser einer Vorrichtung zur Winkelmessung, nur noch ein Fernrohr, das Doppelprisma und eventuell der Compensator. Die Dimensionen, in denen diese Stücke ihrem Zweck genügen und die Art von Verbindung, in welcher sie untereinander zu stehen haben, sind beide der Construction eines zum Handgebrauch geeigneten

Instruments durchaus günstig: namentlich aber kommt diesem Zweck die auffällige Unempfindlichkeit der Methode gegen Fehler der Winkelmessung zu Statten. Denn wenn, wie auf Seite 152 dargethan, ein Fehler von 5—6 Bogenminuten im ungünstigsten Fall erst eine Differenz von 0,001 im Brechungsexponenten nach sich zieht, so wird für alle Messungen, bei welchen man die Hälfte dieses Betrages als Fehlergrenze zugibt, nicht nur ein verhältnissmässig kleiner Gradbogen znr Winkelmessung ausreichen, sondern man wird dabei auch auf die Elimination der Excentricität und auf alle Hilfsmittel feinerer Ablesung, Nonien und dergl., verzichten können. Damit ist aber die Möglichkeit gegeben, Ablesung der Winkel und Berechnung des Resultats in einen Act zu vereinigen, indem man an Stelle der gewöhnlichen gleichförmigen Kreistheilung eine für das betreffende Doppelprisma entworfene empirische Theilung setzt, deren Intervalle die Zunahmen des äusseren Incidenzwinkels für gleiche Zunahmen des Brechungsexponenten darstellen, und welche daher unmittelbar nach bewirkter Einstellung den gesuchten Brechungsindex abzulesen erlaubt; wodurch nicht nur jede Rechnung, sondern zugleich auch die Einstellung auf die Normale der äusseren Prismenfläche erspart wird.

Die Herstellung einer solchen nach gleichen Zunahmen des Brechungsindex fortschreitenden Theilung, sei es an einem Gradbogen oder an einer Ocular-Scala, unterliegt offenbar nicht der geringsten Schwierigkeit. Der Verfertiger braucht nur den Brechungsexponenten des angewandten Glases und den brechenden Winkel des Prisma's genau zu bestimmen, darauf hin den Grenzwinkel der Totalreflexion für alle bei Flüssigkeiten vorkommenden Werthe des n, etwa von Hundertel zu Hundertel oder in noch kleineren Abstufungen fortschreitend, zu berechnen und schliesslich die diesen Grenzwinkeln zugehörigen Austrittswinkel abzuleiten. Nach Auftragen der entsprechenden Theilung und richtiger Bezifferung muss zuletzt der Index so regulirt werden, dass für irgend eine Substanz von anderweitig bekanntem Brechungsexponenten die Einstellung diesen an der Theilung ergibt; alsdann stimmen von selbst alle Theilstriche mit den Einstellungen für die ihnen entsprechenden Werthe des n. — In derselben Weise wird man, falls das Prisma fest mit dem Fernrohr verbunden ist, eine Scala im Ocularfelde der letzteren, die gleichfalls unmittelbar den Brechungsexponenten angibt, entwerfen; nur dass in diesem Falle zur Uebertragung der Winkel auf die Längentheilung die Aequivalent-Brennweite des Fernrohr-Objectivs bestimmt sein muss.

Es ist bei dieser Combination natürlich unvermeidlich — aber auch gar kein Nachtheil — dass alle Messungen auf die eine bestimmte Farbe, welche der Berechnung der Theilung zu Grunde gelegt wurde, beschränkt bleiben. Nach dem auf Seite 156 Angeführten wird man hierzu stets das Licht der Natronflamme oder der FRAUNHOFER'schen Linie *D* wählen.

Nach der angegebenen Richtschnur habe ich solche Refractometer in drei verschiedenen Formen, welche in den Figg. 6, 7 und 8 auf Taf. IV dargestellt sind, ausführen lassen. Die beiden ersten Formen sind zur Untersuchung aller Flüssigkeiten geeignet, indem sie das Intervall von $n = 1{,}30$ bis $n = 1{,}63$ umfassen; sie unterscheiden sich nur dadurch, dass das eine Instrument, zum Gebrauch in freier Hand eingerichtet, blos die Bestimmung des absoluten Brechungsexponenten gewährt, während das andere grössere, auf Stativ, mit Compensator zur gleichzeitigen Messung der mittleren Dispersion versehen ist. — Das Refractometer der dritten Form giebt die Ablesung an einer Scala im Ocular, während jene beiden die Theilung an einem Gradbogen tragen. Diese Modification beschränkt jedoch den Umfang der Anwendung auf das kleinere Intervall von $n = 1{,}30$ bis $n = 1{,}43$, so dass diese Form nur für Flüssigkeiten von geringem Brechungsvermögen brauchbar ist.

Die Beschreibung der mechanischen Einrichtung der drei Apparate kann sehr kurz gegeben werden, nachdem im Voranstehenden alle maassgebenden Rücksichten schon Erörterung gefunden haben.

Die erste Form ist auf diejenige Beobachtungsweise berechnet, die Seite 140 als zweite Methode beschrieben worden ist. Demgemäss stellt in Fig. 6 auf Taf. IV *J F* ein kleines Fernrohr von 2 — 3maliger Vergrösserung dar, dessen Bestandtheile den in den Figg. 5. u. 6 des Textes schematisch skizzirten Stücken entsprechen. *J* bezeichnet die Stelle des Objectivs; in desen Focus bei *F* befindet sich ein justirbares Diaphragma, welches einen kurzen Spalt von angemessener Weite trägt. Hinter diesem Spalte steht mit *O* bezeichnet in einer verschiebbaren Hülse das in Fig. 5 auf Seite 140 dargestellte Spectralocular, eine einfache Convexlinie in Verbindung mit einem AMICI'schen Prisma, mittelst dessen das Bild des Spaltes bei richtiger Stellung des Oculars in ein scharfes Spectrum verwandelt wird. — Das ganze Fernrohr ist mittelst eines kleinen Ständers *D* am Objectivende auf einen Sector *A* aufgeschraubt, der bei *K* den Drehungszapfen einer das Doppelprisma *C* tragenden kreisförmigen Platte enthält. Das eine von beiden Primen

ist durch Vermittelung dieser Platte fest mit dem Drehungszapfen verbunden, so dass seine brechende Kante senkrecht zur Ebene des Sectors und zur Fernrohraxe gerichtet ist, das andere wird durch die in Fig. 5 der Tafel dargestellte und auf Seite 160 schon beschriebene Einrichtung der Fassung bei Ausführung der Beobachtung aufgesteckt. Mit dem Drehungszapfen in fester Verbindung steht ausserdem eine Alhidade *B* mit justirbarem Index. Die Theilung an der Peripherie des Sectors giebt unmittelbar Unterschiede des Brechungsexponenten von 5 zu 5 Tausendteln an; die Intervalle aber sind auch da, wo die Striche am engsten stehen, noch gross genug, um mit freiem Auge eine Ablesung, die bis auf halbe Tausendtel sicher ist, zu ermöglichen.

Soll mit dem Instrument beobachtet werden, so wird zuerst das bewegliche Prisma abgenommen und auf die freiliegende Fläche des festen, nach vorheriger Reinigung[1]) und nach Auflegen schmaler Streifchen von dünnem Briefpapier an den kurzen Seiten, ein Tropfen der zu untersuchenden Substanz aufgebracht, wobei man das Ganze aus freier Hand so vor sich hält, dass die betreffende Fläche horizontale Lage gewinnt. Hierauf wird das zweite Prisma aufgesteckt und, während der Index auf kleinen Zahlen steht, das Fernrohr mit der Hand auf eine beliebige Lichtquelle, auf den hellen Himmel, den Milchglasschirm einer Lampe oder, wenn man intensives Licht gebraucht, auf eine offene Gas- oder Petroleumflamme, gerichtet. Man stellt das verschiebbare Ocular auf das jetzt sichtbare Spectrum ein und dreht schliesslich die Alhidade langsam und stetig nach den wachsenden Zahlen hin, bis die Auslöschungsgrenze auf die Gegend der Linie *D*, d. h. auf die Stelle des Uebergangs von Orange zu Grün vorgerückt ist. Die Ablesung der Theilung giebt jetzt unmittelbar den Brechungsindex der betreffenden Substanz für die Fraunhofer'sche Linie *D*.

Wegen des von der freien Prismenfläche reflectirten Lichtes, welches in das Fernrohrobjectiv eindringt, verschwinden die der totalen Reflexion unterliegenden Theile des Spectrums meist nicht vollständig, sondern bleiben in sehr verminderter Helligkeit noch sichtbar. Man erblickt daher einen hellen Theil des Spectrums in einer scharfen Linie gegen einen ganz blassen Theil abgegrenzt. — Auf die richtige Erkennung der verlangten Farbe *D* übt man

1) Die in Bezug auf die Reinigung zu stellenden Ansprüche sind sehr gering. Es genügt in allen Fällen ein flüchtiges Abwischen der beiden Glasflächen mit Wasser oder Alkohol.

das Auge leicht, indem man mit dem Instrument einigemal durch eine gut leuchtende Natronflamme hindurch auf eine weisse Lichtquelle hinsieht. Indem dabei das monochromatische Spaltbild des Natronlichtes im Spectrum hervortritt, erhält man die Stelle der Linie *D* sichtbar bezeichnet.

Die Justirung des Index wird am einfachsten durch eine Einstellung mit reinem Wasser bewirkt. Bei der mittleren Temperatur von ca. 18° Cels. muss der Index, wenn er die richtige Lage hat, den Werth 1,333 angeben.

Das Refractometer der zweiten Form, welches auf der Tafel in Fig. 7 dargestellt ist, bringt die Seite 141 beschriebene dritte Beobachtungsmethode zur Ausführung. Doppelprisma, Sector und Alhidade haben, abgesehen von grösseren Dimensionen, dieselbe Einrichtung wie bei dem eben beschriebenen Instrument, nur dass die feinere Theilung hier die Tausendtel des Brechungsindex unmittelbar angiebt und bei Gebrauch einer Ablesungslupe 2—3 Einheiten der vierten Decimale noch zu schätzen erlaubt. Das Fernrohr dagegen hat hier ein offenes Ocularfeld und in demselben, bei *F*, im Brennpunkte des Objectivs *J* ein einfaches Fadenkreuz. Die Röhre des Fernrohrs ist vor dem Objectiv durch eine Hülse *T* verlängert und mit dieser in den auf den Sector aufgesetzten Ständer *D* eingeschraubt. Letzterer trägt zugleich den in Fig. 7 des Textes skizzirten Compensator, in der Art, dass die Fassung des einen Amici'schen Prismas innerhalb der Hülse *T* liegt, während die des anderen, *S*, ausserhalb des Ständers *D* zu Tage tritt. Die Drehung beider Compensatorprismen nach entgegengesetzten Seiten um je gleiche Winkel bewirkt der zwischen die Zahnkränze der Fassungen eingefügte Trieb, dessen Knopf, der Hand des Beobachters bequem zugänglich, bei *t* vorsteht. Eine auf die Fassung *S* aufgesteckte getheilte Trommel *c* lässt den Winkel, den die Hauptschnitte der Compensatorprismen bei irgend einer Stellung mit der Ebene des Sectors bilden, ablesen. Die Theilung der Trommel zeigt auf Null, wenn die Hauptschnitte beider Prismen diejenige Lage haben, bei welcher der Incidenzwinkel der austretenden Strahlen an der flüssigen Schicht von Roth zu Blau zunimmt; sie geht von hier aus beiderseits bis 60, so dass jedes Intervall einen Winkel von 3° ausdrückt und die Zahl 30 der senkrechten Stellung beider Prismen, mithin dem Nullwerthe der vom Compensator erzeugten Dispersion entspricht.

Der ganze Sector sammt den mit ihm verbundenen Theilen wird von einer Säule *G* auf schwerem Metallfuss getragen. Wäh-

rend der Messung steht die Axe des Fernrohrs um ca. 60° gegen die Ebene des Tisches geneigt, so dass man wie an einem Mikroskop mit inclinirendem Tubus beobachtet. In der Richtung der Visirlinie ist am Fusse des Instruments ein kleiner um zwei Axen drehbarer Hohlspiegel *g* angebracht, mittelst dessen das Sehfeld beleuchtet wird. Um aber das feste Prisma beim Reinigen und beim Aufbringen der Flüssigkeit bequem zugänglich zu haben, ist die Einrichtung getroffen, dass der ganze Sector um einen besondern, mit der Drehungsaxe der Alhidade concentrischen Zapfen im Kopfe *K* der Säule *G* nach der entgegengesetzten Seite umgelegt werden kann, so weit, dass die oberste Ecke *e* des Gradbogens die Tischfläche berührt. In dieser Stellung des Instruments ist das Doppelprisma dem Beobachter zugekehrt, und zwar in solcher Lage, dass nach Wegnahme des beweglichen Prisma's die Hypotenusenfläche des andern, nahehin horizontal gerichtet, frei liegt.

Bei Ausführung der Beobachtungen stellt man das Instrument so vor sich auf den Tisch, dass der Hohlspiegel dem Fenster oder der etwa zu verwendenden künstlichen Lichtquelle zugekehrt ist, legt den Sector um und bringt die zu untersuchende Substanz auf. Hierauf wird der Sector wieder aufgerichtet, die Alhidade an den Anfang des Gradbogens zurückgedreht und der Hohlspiegel im Fuss so eingestellt, dass das ganze Gesichtsfeld gleichmässig hell erscheint. Jetzt erst bewegt man die Alhidade nach der Seite der grösseren Zahlen hin vor, bis die Auslöschungsgrenze — meist mit breitem farbigen Saum — im Sehfeld zum Vorschein kommt. Man stellt nun durch Drehung des Triebes *t* mit der einen Hand die Achromasie her, während die andere Hand die jetzt scharf erscheinende Grenzlinie zwischen Hell und Dunkel mittelst der Alhidade vollends auf das Fadenkreuz führt. Schliesslich wiederholt man diese Einstellung nochmals mit der zweiten Stellung des Compensators, welche eine achromatische Auslöschungsgrenze erzeugt. Das Mittel aus den Ablesungen am Sector bei beiden Einstellungen ergiebt ohne Weiteres den gesuchten Brechungsexponenten für die Fraunhofer'sche Linie *D*; das Mittel aus den zugehörigen Trommelablesungen aber liefert den Winkel z, mit dessen Hilfe die Dispersion der Flüssigkeit nach der auf Seite 148 aufgestellten Regel zu berechnen ist.

Die Ausführung dieser Berechnung setzt natürlich voraus, dass man den Brechungsexponenten ν, die Dispersion $\delta\nu$ und den brechenden Winkel w des Doppelprismas sowie die Dispersion k je eines Compensatorprismas kenne; sie kann aber sehr verein-

menes Instrument sondern auch mit erheblich einfacheren Operationen zu erhalten; und sie bietet, abgesehen von dem geringen Substanzverbrauch, ausserdem noch den Vortheil, auf Substanzen anwendbar zu sein, die sich, sei es wegen ungenügender Reinheit, sei es wegen starker Färbung, im Hohlprisma gar nicht oder nur sehr schwierig untersuchen lassen.

Für einige besondere Zwecke mag auch noch der Vorzug zu Statten kommen, dass man bei dieser Beobachtungsmethode grosse Temperaturdifferenzen der zu untersuchenden Substanz ohne alle Umstände mit voller Sicherheit in der Gewalt hat. Man braucht offenbar nur das Doppelprisma mit sammt der Flüssigkeit hinreichend lange in einem Bad von genau bestimmter Temperatur zu erwärmen, um der Temperatur der Flüssigkeit während der Messung sicher zu sein, da in den paar Augenblicken, die nach vorheriger Justirung zwischen dem Aufbringen und der Einstellung verstreichen, eine Abkühlung oder Erwärmung der eingeschlossenen Schicht vollkommen unmöglich ist.

13. Selbstständige Apparate (Refractometer) zur optischen Bestimmung von Flüssigkeiten.

Die günstigen Bedingungen, welche das Princip der Totalreflexion in Bezug auf leichte und bequeme Ausführung dioptrischer Maassbestimmungen an Flüssigkeiten gewährt, legen den Gedanken nahe, im Interesse der mancherlei wissenschaftlichen und praktischen Aufgaben, die von solchen Maassbestimmungen Nutzen ziehen könnten, compendiöse und leicht zu gebrauchende Instrumente für die Ausübung jener Methode zu construiren, um diese Ausübung unabhängig vom Gebrauch eines Spectrometers zu machen. Die Möglichkeit dessen ist gegeben durch die geringe Zahl wesentlicher Theile, die, den vorangehenden Entwickelungen zu folge den erforderlichen Apparat ausmachen und durch die geringen Ansprüche, welche die Methode an die Genauigkeit der Winkelmessungen stellt.

Als wesentliche Bestandtheile eines vollständigen Instruments figuriren bei den drei zuletzt beschriebenen Verfahrungsweisen, ausser einer Vorrichtung zur Winkelmessung, nur noch ein Fernrohr, das Doppelprisma und eventuell der Compensator. Die Dimensionen, in denen diese Stücke ihrem Zweck genügen und die Art von Verbindung, in welcher sie untereinander zu stehen haben, sind beide der Construction eines zum Handgebrauch geeigneten

Instruments durchaus günstig: namentlich aber kommt diesem Zweck die auffällige Unempfindlichkeit der Methode gegen Fehler der Winkelmessung zu Statten. Denn wenn, wie auf Seite 152 dargethan, ein Fehler von 5—6 Bogenminuten im ungünstigsten Fall erst eine Differenz von 0,001 im Brechungsexponenten nach sich zieht, so wird für alle Messungen, bei welchen man die Hälfte dieses Betrages als Fehlergrenze zugibt, nicht nur ein verhältnissmässig kleiner Gradbogen znr Winkelmessung ausreichen, sondern man wird dabei auch auf die Elimination der Excentricität und auf alle Hilfsmittel feinerer Ablesung, Nonien und dergl., verzichten können. Damit ist aber die Möglichkeit gegeben, Ablesung der Winkel und Berechnung des Resultats in einen Act zu vereinigen, indem man an Stelle der gewöhnlichen gleichförmigen Kreistheilung eine für das betreffende Doppelprisma entworfene empirische Theilung setzt, deren Intervalle die Zunahmen des äusseren Incidenzwinkels für gleiche Zunahmen des Brechungsexponenten darstellen, und welche daher unmittelbar nach bewirkter Einstellung den gesuchten Brechungsindex abzulesen erlaubt; wodurch nicht nur jede Rechnung, sondern zugleich auch die Einstellung auf die Normale der äusseren Prismenfläche erspart wird.

Die Herstellung einer solchen nach gleichen Zunahmen des Brechungsindex fortschreitenden Theilung, sei es an einem Gradbogen oder an einer Ocular-Scala, unterliegt offenbar nicht der geringsten Schwierigkeit. Der Verfertiger braucht nur den Brechungsexponenten des angewandten Glases und den brechenden Winkel des Prisma's genau zu bestimmen, darauf hin den Grenzwinkel der Totalreflexion für alle bei Flüssigkeiten vorkommenden Werthe des n, etwa von Hundertel zu Hundertel oder in noch kleineren Abstufungen fortschreitend, zu berechnen und schliesslich die diesen Grenzwinkeln zugehörigen Austrittswinkel abzuleiten. Nach Auftragen der entsprechenden Theilung und richtiger Bezifferung muss zuletzt der Index so regulirt werden, dass für irgend eine Substanz von anderweitig bekanntem Brechungsexponenten die Einstellung diesen an der Theilung ergibt; alsdann stimmen von selbst alle Theilstriche mit den Einstellungen für die ihnen entsprechenden Werthe des n. — In derselben Weise wird man, falls das Prisma fest mit dem Fernrohr verbunden ist, eine Scala im Ocularfelde der letzteren, die gleichfalls unmittelbar den Brechungsexponenten angibt, entwerfen; nur dass in diesem Falle zur Uebertragung der Winkel auf die Längentheilung die Aequivalent-Brennweite des Fernrohr-Objectivs bestimmt sein muss.

facht werden, wenn man die in dem Ausdruck für δn vorkommenden Factoren — oder besser gleich deren Logarithmen — mit den für das betreffende Instrument geltenden Constanten ein für alle mal ausrechnet und in einer kleinen Tafel zusammenstellt. Für diesen Zweck sind offenbar die Werthe von nur drei Grössen getrennt aufzuführen; nämlich erstens, die Werthe des Gliedes

$$\frac{\sin w}{\cos \beta} . \delta \nu = A$$

für alle vorkommenden Beträge des n; zweitens diejenigen von

$$2\,k . \frac{\cos \alpha\,.\,\cos \gamma}{\cos \beta} = B$$

ebenfalls für alle Abstufungen von n; drittens der Werth von $\cos z = \sigma$ für die sämmtlichen Zahlen der Trommeltheilung. Auf Grund der im einzelnen Falle beobachteten Werthe von n und z (letzteres in Trommeltheilen ausgedrückt) wird man aus der Tafel diejenigen Beträge der drei Stücke entnehmen, welche nach Maassgabe der Gleichung

$$\delta n = B . \sigma + A$$

vereinigt, die Dispersion der Flüssigkeit für dasjenige Farbenintervall ergeben, für welches der Werth der Constanten k gilt. Dabei reicht es für den Gebrauch in allen Fällen aus, wenn die Werthe A und B von Hundertel zu Hundertel des Brechungsexponenten aufgeführt, die feineren Abstufungen aber durch Inter polation bestimmt werden.

Das Refractometer der dritten Form, welches Fig. 8 der Tafel darstellt, realisirt das auf Seite 142 entwickelte vierte Verfahren der Beobachtung. Demnach ist das Doppelprisma, oder wenigstens das eine Stück desselben, fest mit dem kleinen Fernrohr JO verbunden, in dessen Focalebene F aber ist eine Glasplatte mit bezifferter Mikrometerscala angebracht, welche die Einstellung der Auslöschungsgrenze von Tausendtel zu Tausendtel des Brechungsexponenten direct angiebt. Um bei der Beobachtung nicht auf den Gebrauch einfarbigen Lichtes eingeschränkt zu sein, ist auch hier zwischen dem Objectiv J und dem Doppelprisma C ein Compensator eingeschaltet. Indess besteht derselbe, da der Umfang der Anwendung dieses dritten Refractometers doch nur kleine Dispersionsgrössen fordert, aus einem einzigen Amici'schen Prisma von geringer Farbenzerstreuung (ca. 0,6° für das Intervall von C bis F), welches in einem cylindrischen Ring innerhalb der Hülse D drehbar ist. Die Drehung wird durch einen hervorstehenden Knopf d, der in einem Schlitz der Hülse D Führung hat bewirkt. —

Die Verbindung der beiden Stücke des Doppelprisma's nach Aufbringen der zu untersuchenden Flüssigkeit wird hier durch eine um den Zapfen *f* drehbare Feder *e* bewirkt, welche das bewegliche Prisma an das feste andrückt. Wenn das vordere Prisma entfernt werden soll, hebt man die Feder mit dem Finger ab und dreht sie um den Zapfen *f* zurück, so dass die lange Prismenfläche für das Reinigen und Aufbringen der Flüssigkeit vollkommen zugänglich ist.

Bei der Beobachtung richtet man das kleine Instrument aus freier Hand gegen eine gleichmässig helle Fläche, den hellen Himmel, eine weisse Wand, einen Lampenschirm oder dergl., stellt das Compensatorprisma mittelst des Knopfes *d* so ein, dass die Auslöschungsgrenze möglichst farblos wird, und liest schliesslich den Ort derselben an der Ocularscala ab. — Die Justirung der Scala geschieht, wie bei den beiden andern Instrumenten durch eine Einstellung mit reinem Wasser; sie wird hier mittelst zweier Schrauben ausgeführt, die das Objectiv *J* in der Richtung des Prismen-Hauptschnittes zu verschieben erlauben.

Da das absolute Gesichtsfeld eines Fernrohrs ohne sehr complicirte Einrichtung von Objectiv und Ocular nicht wohl über 18° hinaus vergrössert werden kann, so bleibt bei dieser dritten Construction die Messung beschränkt auf Incidenzwinkel von ca. 9° zu beiden Seiten der Normalen zur äusseren Prismenfläche, was bei Anwendung von Crownglas den oben bezeichneten Umfang von 1,30 bis 1,43 im Brechungsexponenten ergiebt. Der Apparat ist daher ausschliesslich für Substanzen innerhalb dieser Grenzen, also vorwiegend für wässerige Flüssigkeiten, Salzlösungen u. dergl. brauchbar. Für solche aber gewährt er eine grosse Genauigkeit, indem, wenn schon der absolute Werth des *n* auch hier nicht genauer als etwa auf 0,0005 zu erhalten ist, Unterschiede doch bis auf zwei Einheiten der 4. Stelle ganz sicher an der Scala abgelesen werden können, wie u. A. schon die Wahrnehmbarkeit des Einflusses sehr kleiner Temperaturdifferenzen bekundet. In Hinsicht auf mögliche Anwendungen für technische Zwecke gereicht dieser dritten Form des Refractometers ausserdem noch der Umstand zum Vortheil, dass sich neben oder statt der Theilung für den Brechungsindex ebenso leicht eine andere empirische Scala anbringen lässt, z. B. eine solche, an welcher der Concentrationsgrad irgend einer Mischung, auf Grund seines Einflusses auf den Brechungsexponenten, direct abgelesen werden kann.

Wenn die Vortheile, welche die Methode in Bezug auf Leich-

tigkeit und Schnelligkeit bieten kann, im Gebrauch ungeschmälert zur Geltung kommen sollen, ist es bei den drei hier beschriebenen Instrumenten in gleichem Grade wesentlich, dass die mechanische Ausführung der Apparate allen theoretisch gemachten Voraussetzungen in hinreichendem Grade genüge, um von Correctionen und den zu ihrer Ermittelung nöthigen Nebenbestimmungen völlig absehen zu können. Namentlich ist also zu fordern: dass die optische Axe des Fernrohrs dem Hauptschnitt des Doppelprisma's und eventuell auch der Ebene des Sectors genügend parallel sei; dass die Theilung des Sectors oder der Scala innerhalb der Grenzen des Ablesungsfehlers dem Gange des Brechungsexponenten genau conform gehe; dass die Compensatorprismen für die der Theilung zu Grunde gelegte Farbe keine merkliche Ablenkung zeigen und ihre Mittelebene dem Hauptschnitt des Doppelprisma's genügend parallel sei; endlich, dass der Spalt oder das Fadenkreuz oder die Mikrometerscala im Ocular richtig in der Focalebene des Objectivs liege. Denn wenn es auch möglich ist, ein Deficit in irgend einem dieser Punkte, soweit es sich nicht nachträglich beseitigen lässt, durch Anbringung geeigneter Correctionen unschädlich zu machen, so würde doch einerseits die numerische Ermittelung der Fehler unverhältnissmässig mühsam sein und andererseits die Bequemlichkeit des Gebrauchs durch die Nothwendigkeit solcher Correctionen ganz erheblichen Abbruch erfahren. In Anbetracht nun, dass die Erfüllung der genannten Bedingungen für einen sachkundigen Optiker keinerlei Schwierigkeiten hat, wird man daher beanspruchen dürfen, dass die Regulirung der Theile bei diesen Instrumenten gleich bei ihrer Anfertigung definitiv und in unveränderlicher Weise erfolge, so dass dem Beobachter höchstens die Justirung des Index oder der Scala überlassen bleibt. Darauf hin erscheint es denn müssig, die Untersuchung der Constructionsfehler im Einzelnen zu erörtern. Es genügt, darauf hinzuweisen, dass die Correctheit eines solchen Refractometers sehr leicht durch einige Messungen an Stoffen von anderweitig bekanntem Brechungsindex und, soweit ein Compensator dabei mit in Frage ist, durch Controle der Einstellung mit dem einfarbigen Licht der Natronflamme geprüft werden kann.

Durch die hier beschriebenen Instrumente wird die Bestimmung der optischen Constanten an flüssigen Stoffen so leicht und einfach wie kaum eine andere Art von Maassbestimmung. Wenige

kunstlose Handgriffe ergeben mit sehr geringer Mühe und fast verschwindendem Zeitaufwand die gesuchten Merkmale in einer für die meisten Bedürfnisse mehr als ausreichenden Genauigkeit, und zwar mit einem sehr compendiösen und handlichen Apparat, der jederzeit und überall ohne weitere Vorkehrungen gebrauchsbereit ist. Nach der Meinung des Verfassers können diese Vortheile mancherlei wissenschaftlichen und praktischen Interessen zu Gute kommen, wenn der Gebrauch der oben entwickelten Methoden in den betheiligten Kreisen heimisch wird. Abgesehen von anderen gelegentlich sich darbietenden Anwendungen auf wissenschaftlichem Felde[1]) wird die erleichterte Ausführung dioptrischer Maassbestimmungen namentlich chemischen Untersuchungen in der durch die Arbeiten von Landolt, Schrauf u. A. eröffneten Richtung ein weiteres Gebiet und eine ausgiebigere Verwerthung verschaffen können. Betreffs möglicher Anwendungen für technische Zwecke aber sei hier wenigstens zweierlei erwähnt: erstens, dass viele im Handel vorkommende flüssige oder halbflüssige Stoffe mittelst ihrer Brechungsexponenten sehr sicher unterschieden sowie auf ihre Reinheit geprüft werden können; und zweitens, dass bei Mischungen aus zwei Flüssigkeiten und bei Lösungen das Mischungs- oder das Concentrationsverhältniss in vielen Fällen durch den Brechungsindex mit grosser Schärfe bestimmbar ist.

Als Beispiel für eine Verwendung des Refractometers in der ersten Richtung kann die Untersuchung fetter und ätherischer Oele geltend gemacht werden. Wenn die Messung des Brechungsexponenten bis auf die dritte Decimale geht, wie mit dem in Fig. 6 der Tafel dargestellten Instrument, so sind viele Stoffe jener Categorie im reinen Zustand durch den Brechungsindex allein schon ausreichend charakterisirt, und bei der Mehrzahl der übrigen kann derselbe die Bestimmung nach andern Merkmalen mindestens wesentlich unterstützen; Verfälschungen und Verunreinigungen aber lassen sich in zahlreichen Fällen im Refractometer auf den ersten Blick erkennen[2]).

Als Beispiel für die Anwendung zu Concentrationsbestimmun-

1) Ueber eine umfassende Versuchsreihe, welche die Genauigkeit der Methode gut illustrirt, s. S. Fleischer, Neue Bestimmung der Brechungsexponenten der flüssigen Medien des Auges. Jena 1872. (Inaugural-Dissertation).

2) Vorarbeiten für die hier betrachtete Anwendung — die allerdings noch bedeutend erweitert werden müssten, wenn dem practischen Bedürfniss in vollem Umfang genügt sein sollte — liefern u. A. die Untersuchungen von J. H. Gladstone. S. Jahresber. d. Chemie von Will, 1863, S. 545.

gen führe ich die Ermittelung des Zuckergehaltes in Zuckerlösungen an. Bringt man bei einem Refractometer der dritten Form (Fig. 8 auf der Tafel) im Gesichtsfeld des Oculars statt oder neben der Scala für den Brechungsindex eine auf Grund geeigneter Messungen entworfene Procentscala für Zuckerlösung an, so lässt sich der Zuckergehalt einer solchen Lösung an einem Tropfen der Flüssigkeit mit Einem Blicke auf ca. 0,2 % (d. h. bis auf 0,2 Gramm pro 100 CCm. Lösung) sicher bestimmen, wie Versuche mit einem ausgeführten Instrument ergeben haben; und die Scala reicht bis zu einer Concentration von ca. 60 Gramm in 100 CCm. — Wahrscheinlich wird ein Refractometer dieser Art auch zur Werthbestimmung natürlicher Zuckersäfte an Stelle des Polarisations-Saccharimeters ganz gut brauchbar sein, wenn durch eine besondere Versuchsreihe der Beitrag ermittelt wird, den die, in den natürlichen Zuckersäften in ziemlicher Constanz auftretenden Salze zum Brechungsindex liefern. Es liesse sich dann leicht eine corrigirte Procentscala entwerfen, in deren Angaben der Einfluss der Nebenbestandtheile bis auf kleine Reste eliminirt wäre.

Nachtrag. In Betreff der Berechnung des Brechungsexponenten aus den Messungen an Prismen ist zu bemerken, dass die unter (1) und (6) aufgestellten Formeln den relativen Brechungsindex der betreffenden Substanz gegen Luft ergeben, aus welchem der absolute Brechungsexponent durch Multiplication mit 1,00030 abzuleiten ist.

Zur vergleichenden Anatomie der Schultermuskeln.

Von

Max Fürbringer.

II. Theil.

(Hierzu Tafel V—VII, Fig. 37—56.)

Nachtrag zu Cap. II.

Durch die Liberalität der Herren GEGENBAUR und PETERS bin ich in den Stand gesetzt worden, weitere Untersuchungen an folgenden Anuren [1]) auszuführen:

Aglossa:		Dactylethra MÜLLERI PETERS.
		Pipa americana LAUR. 2 Ex.
Opisthoglossa:		
	Ranina:	Ceratophrys cornuta L. 2 Ex.
		Tomopterna (Pyxicephalus) americana D. B.
	Bufonina:	Engystoma carolinense HOLBR.
		Breviceps gibbosus L.
		Bufo guttatus SCHNEIDER (= Rhåbo Leschenaultii D. B.)
	Hylina:	Trachycephalus marmoratus BIBR.
		Phyllomedusa bicolor BODDAERT.
	Hylaplesina:	Kalohyla (Kaloula) baleata MÜLL.

Es sei mir gestattet, beiden Herren an dieser Stelle meinen besten Dank auszusprechen.

1) Pipa americana, Phyllomedusa bicolor und ein Exemplar von Ceratophrys cornuta verdanke ich Herrn Geh. Hofrath GEGENBAUR, sämmtliche übrigen Thiere Herrn Professor PETERS. Das Exemplar von Phyllomedusa bicolor war an der Ventralseite bereits abpräparirt.

§. 4b.

Brustgürtel und Brustbein [1]).

Bei den untersuchten Thieren sind die beiden Hälften des Brustgürtels in dreifacher Weise mit einander an der Mittellinie der Brust verbunden: entweder sie legen sich mit ihren Rändern so über einander, dass das rechte Epicoracoid ventral zu liegen kommt (Bufo, Phyllomedusa), oder sie schieben sich so übereinander, dass das linke ventral liegt (Ceratophrys, Tomopterna,

1) Literatur:

BREYER, Observationes anatomicae circa fabricam Ranae pipae. Diss. inaug. Berolini 1811. (Pipa americana).

MAYER, Beiträge zu einer anatomischen Monographie der Rana pipa. Verh. d. Kais. Leop. Carol. Akad. d. Wissenschaften. XII. 1. Bonn 1824. S. 529 f. (Pipa americana).

MECKEL, System der vergleichenden Anatomie. II. 1. Halle 1824. S. 393 f. S. 440 f. (Pipa americana).

CUVIER, Leçons d'anatomie comparée. 2 éd. par Duméril. I. Paris 1835. S. 254. S. 365. (Pipa americana).

KLEIN, Beiträge zur Anatomie der ungeschwänzten Batrachier. Jahreshefte d. Vereins für vaterländische Naturkunde in Würtemberg. 6. Jahrgang. Stuttgart 1850. S. 1 f. (Pipa americana).

STANNIUS, Zootomie d. Amphibien. Berlin 1856. S. 17. S. 73. (Pipa, Pyxicephalus, Ceratophrys, Microps, Breviceps).

GEGENBAUR, Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie d. Wirbelthiere. 2. Heft. Schultergürtel der Wirbelthiere. Brust-Flosse der Fische. Leipzig 1865. S. 52 f. (Pipa americana, Bufo Leschenaultii, Phyllomedusa bicolor).

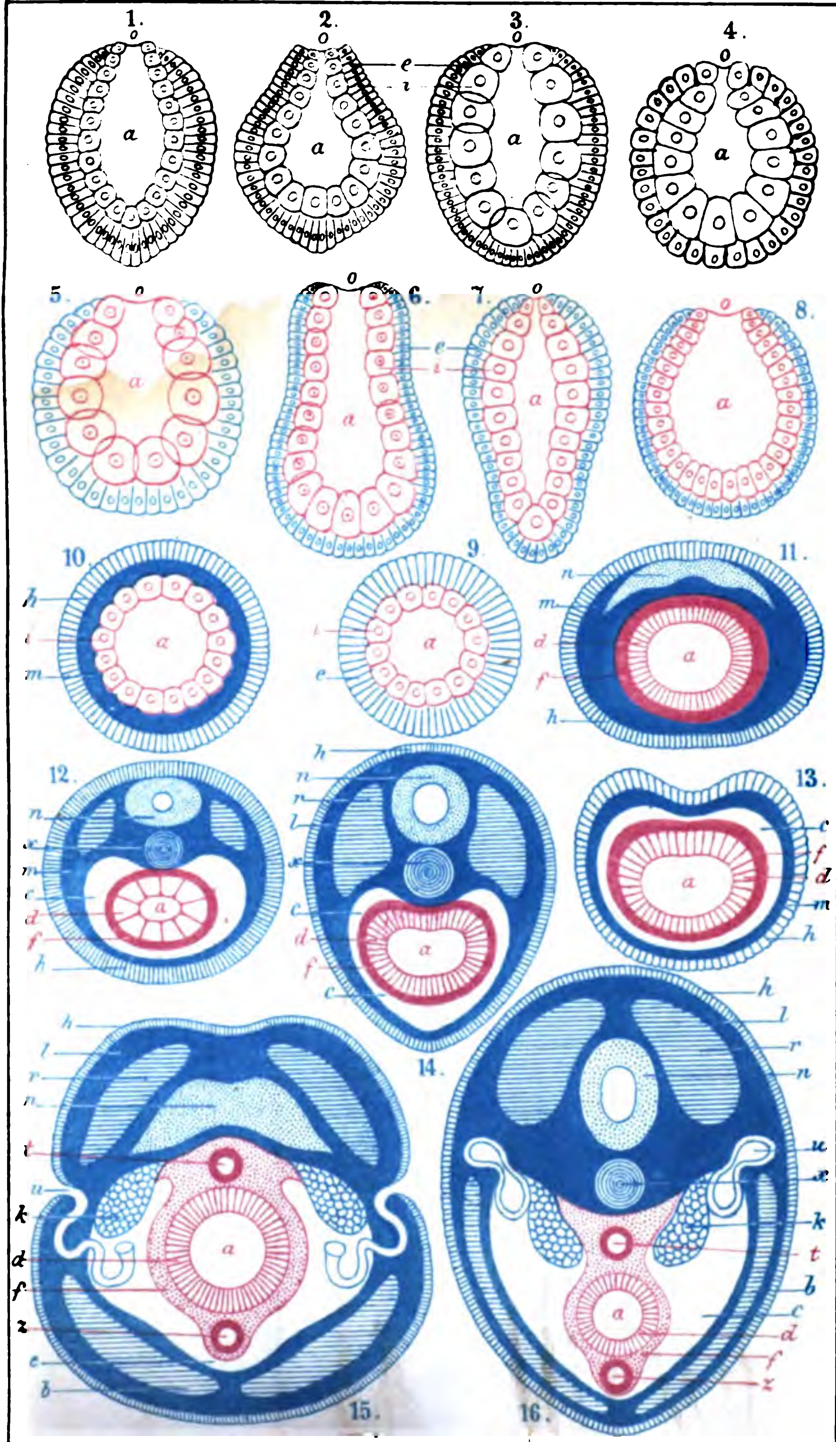
PARKER, Monograph on the Structure and Development of the Shoulder-Girdle and Sternum in the Vertebrata. London 1868. (Dactylethra capensis Cuv., Pipa dorsigera Daud. [= P. americana Laur], Ceratophrys dorsata Neuwied [= C. cornuta L.], Microps oxyrrhynchus Fitzinger [= Engystoma ovale Schneider], Systoma gibbosum Wagler [= Breviceps gibbosus], S. granosum [wahrscheinlich = Br. gibbosus], Hylaedactylus celebensis Schleg. [= Kalohyla baleata var. celebensis]).

BREYER kenne ich nur aus MAYER's und GEGENBAUR's Angaben.

In der angeführten Literatur sind nur die ebenfalls von mir untersuchten Gattungen berücksichtigt.

Von Bedeutung ist die Abhandlung von PETERS (Ueber neue oder weniger bekannte Gattungen und Arten von Batrachiern. Monatsberichte der Königl. Akademie d. Wissenschaften zu Berlin. Sitzung der phys.-math. Klasse v. 19. Mai 1873. S. 411 f. mit 4 Tafeln), die gute Abbildungen des Brustbeins und Brustgürtels von Colodactylus coerulescens Tschudi, Telmatobius peruvianus Wiegmann, Cyclorhamphus marmoratus D. B., Batrachophrynus brachydactylus Ptrs., Pseudobatrachus Jelskii Ptrs., Phrynopus peruanus Ptrs. und Rabomantis biporcata Ptrs. giebt.

Die Gastraea-Theorie.



E Haeckel del.

Druck v. E. Giltsch, Jena

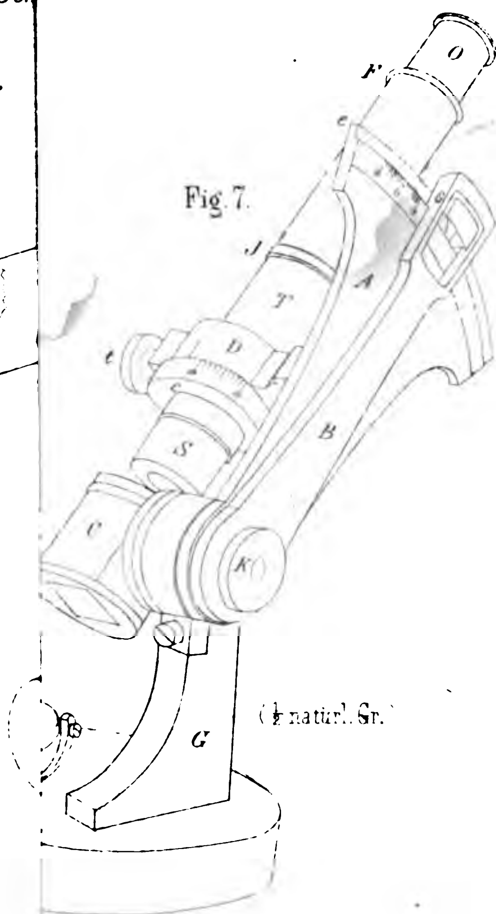
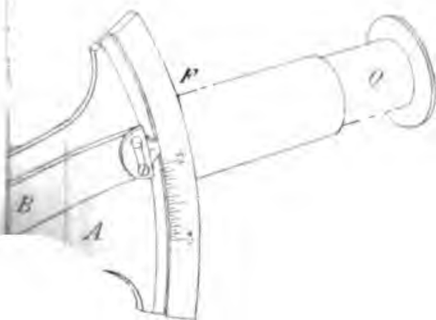


Fig. 7.

(½ natürl. Gr.)



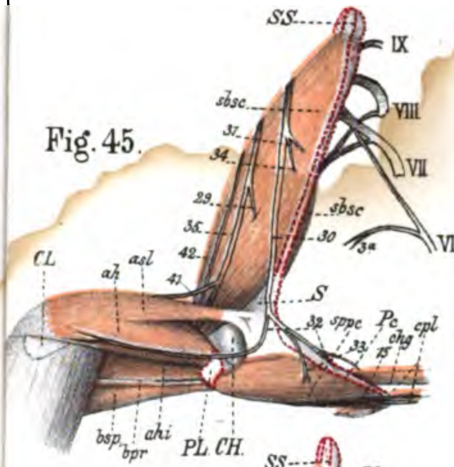


Fig. 45.

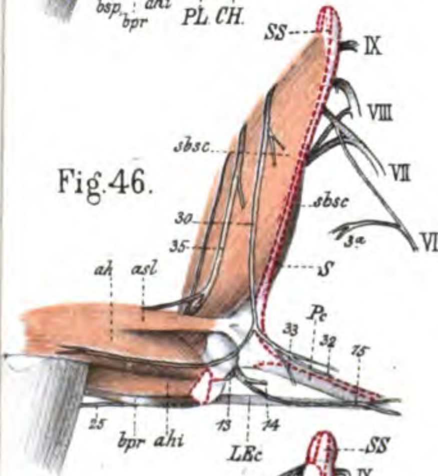


Fig. 46.

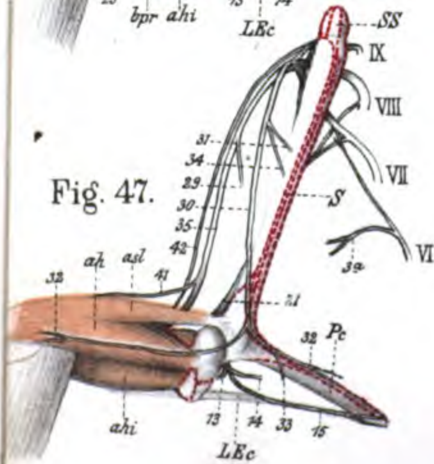
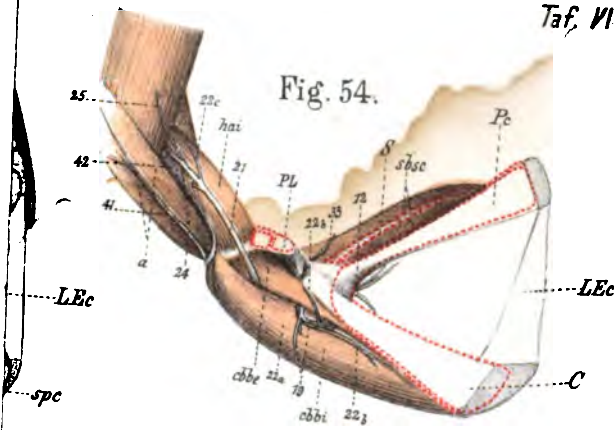
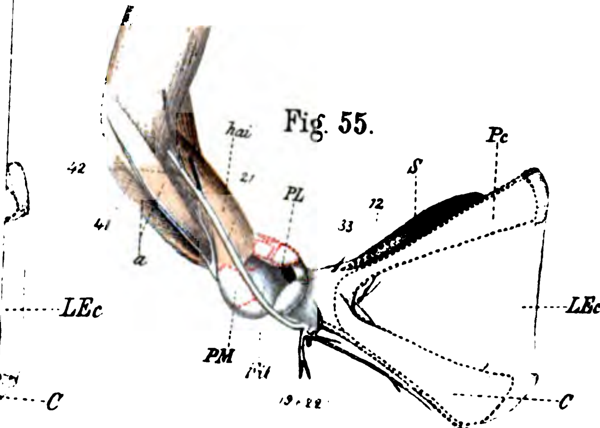
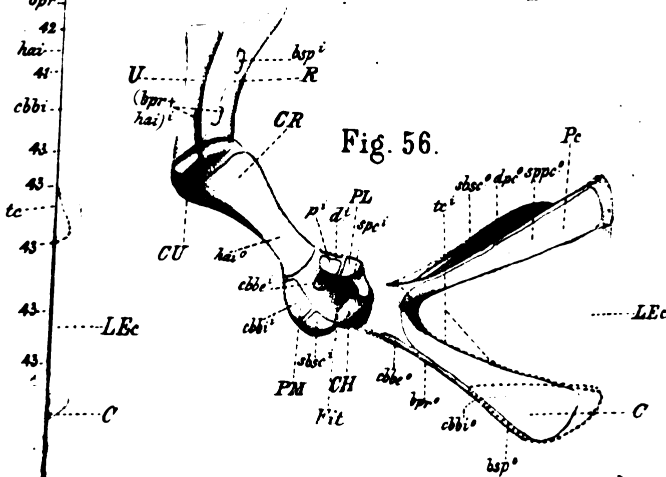


Fig. 47.

Lith. Anst. v. E. Giltsch, Jena.







LEc
spc
LEc
C
bpr
42
hai
41
cbbi
43
43
tc
43
43
LEc
43
C

M. Fü

Lith. Anst. v. E. Giltsch, Jena.

Pe
bei
rei
Al

S.
un
sic
Re
ko

Er
lin
eir
di

gr
B
su
s
h
h

Trachycephalus)[1]), oder sie legen sich direct an einander (Engystoma[2]), Breviceps, Kalohyla); in den beiden ersten Fällen ist die Verbindung lockerer und durch Bänder vermittelt, in dem letzten fester und mittelst Synchondrose hergestellt. Der dorsale Abschnitt des Brustgürtels, Suprascapulare und Scapula, bietet keine besondern neuen Beziehungen dar, die nicht schon früher (Theil I, S. 280) beschrieben worden wären. Am schmälsten sind Suprascapulare und Scapula bei Breviceps gibbosus, während sich Engystoma carolinense[3]) durch ein breiteres Suprascapulare näher an die übrigen Batrachier anschliesst. Der ventrale Abschnitt ist entweder (Engystoma, Kalohyla) lediglich vertreten durch das Coracoid, das mit Scapula sowohl wie mit dem der Gegenseite knorpelig verbunden ist, oder es besteht (bei den übrigen Anuren) aus dem Coracoid, Procoracoid und Epicoracoid; letzteres ist bei Dactylethra durch ein Band, Ligamentum epicoracoideum, vertreten. Nirgends wurde eine die des Coracoids übertreffende Breite des Procoracoids gefunden[4]).

1) Diese Art der Verbindung ist meines Wissens zuerst und allein von PETERS (a. a. O. S. 418. Taf. 11 Fig. 3a) bei Strabomantis biporcata beschrieben worden. Von Wichtigkeit ist dieses Verhalten insofern, als es eine Differenzirungsrichtung bei den Batrachiern zum Ausdruck bringt, die in keiner Abtheilung der Wirbelthiere sich wiederfindet.

2) Im Gegensatz steht diese Beziehung zu der von mir früher (Theil I, S. 279) nach PARKER's Abbildungen gemachten Angabe. Ob die von PARKER untersuchte Species (E. ovale) von der von mir untersuchten (E. carolinense) sich in Wirklichkeit so bedeutend unterscheidet oder ob diese Differenz auf Rechnung der (HYRTL'schen) Präparation des von PARKER untersuchten Thieres kommt, bleibt fraglich.

3) Dieses Ergebniss der eigenen Untersuchung nöthigt mich, die auf PARKER's Untersuchung gestützte und auf S. 280 ausgesprochene Sonderstellung von Engystoma aufzugeben. Auch finde ich bei dem von mir untersuchten E. carolinense, dass das Suprascapulare vorwiegend aus Knorpel besteht, indem nur ein ziemlich schmaler vorderer Streif Knochenstructur darbietet, eine Bildung, die wiederum von dem HYRTL'schen Präparate von E. ovale wesentlich abweicht.

4) PARKER giebt Abbildungen von Systoma (Breviceps) gibbosum und S. granosum nach HYRTL'schen Präparaten. Die erste (S. gibbosum) stimmt den Brustgürtel betreffend im Wesentlichen mit der Bildung des von mir untersuchten Breviceps gibbosus überein, die zweite (S. granosum) hingegen unterscheidet sich durch grosse Breite des Procoracoid und durch grosse Schmalheit des Coracoids, sowie durch verdrehte Lage des Acromion und der Gelenkhöhle für Humerus wesentlich von der Bildung des nahe verwandten, vielleicht gar nicht als Species von ihm unterscheidbaren S. gibbosum. Diese grosse Differenz existirt aber nicht in Wirklichkeit, sondern beruht offenbar auf fr

Die Clavicula kommt ausser Engystoma und Kalohyla allen untersuchten Batrachiern zu; bei Breviceps ist sie von dem Procoracoid nicht zu scheiden[1]). Das **Sternum** fehlt bei keinem Batrachier. Die geringste Grösse hat es bei Breviceps, weit ansehnlicher ist es bei Engystoma[2]) und den übrigen untersuchten Thieren. Das **Episternum** wurde bei Dactylethra, Pipa[3]) und Engystoma carolinense vermisst, bei Breviceps gibbosus[4]) findet es sich als ein ganz feiner Knorpelstreif, der von der Vereinigung der beiden Schlüsselbeine nach vorn gerichtet ist und unmittelbar in die Linea alba der Mm. mylohyoidei übergeht, bei den übrigen ist es zur Knorpelplatte[5]) ausgebildet, die dem Vorderrande der Verbindung der Coracoide (Kalohyla) oder der Schlüsselbeine (übrige Anuren) anliegt.

§. 5b.

Nerven für die Schultermuskeln[6]).

(Vergleiche Taf. V. Fig. 37—40.)

Die Nervenverhältnisse bei den untersuchten Anuren sind im

---

scher Deutung der betreffenden Skeletstücke, zu der PARKER jedenfalls durch den (künstlichen) Mangel des Sternums bei Erhaltung des Episternums verführt worden ist. Werden die Bezeichnungen Coracoid und Praecoracoid vertauscht, so ergiebt sich eine ziemliche Uebereinstimmung zwischen S. gibbosum und granosum.

1) Trotz dieses Befundes müssen wir an der von GEGENBAUR durch die Entwickelung nachgewiesenen, aber von PARKER geleugneten selbstständigen Existenz einer Clavicula bei den Anuren festhalten, bis nicht eine embryologische Untersuchung von Breviceps den Mangel einer Clavicula überzeugend darthut.

2) Bei den von PARKER beschriebenen Präparaten von Engystoma ovale und Systoma granosum fehlend (wahrscheinlich wegpräparirt). Die PARKER'sche Restauration bei Engystoma ovale ergiebt ein viel zu kleines Sternum; das Sternum von Engystoma carolinense steht in Grösse und Gestalt dem von Kalohyla baleata am nächsten.

3) Die von PARKER angegebenen Rudimente eines Episternum (Omosternum) kann ich nicht als solche, sondern nur als dem Procoracoid angehörige Elemente anerkennen.

4) Auf der PARKER'schen Abbildung bei Systoma gibbosum fehlend, hingegen bei S. granosum, wo es fälschlich als Sternum gedeutet ist, als deutliche Knorpelplatte vorhanden. Von STANNIUS auch übersehen.

5) Ganz ansehnlich ist die Entwickelung bei Ceratophrys, wo es auffallender Weise von STANNIUS und von PARKER abgeleugnet wird. Geringere Grösse bieten Tomopterna americana und Kalohyla baleata, so dass ein Uebersehen desselben bei diesen Thieren erklärlich ist.

6) **Literatur:**

Allgemeinen den früher (Theil I, S. 284 f.) schon beschriebenen ähnlich; doch finden sich im Einzelnen mehrfache Differenzen.

I. R. accessorius und scapularis n. vagi[1]).

Beide sind bei sämmtlichen Batrachiern entwickelt, als gemeinsam mit dem Eingeweideaste oder in grösster Nähe von demselben vom Vagus abgehende Nerven, die sich im M. capiti-scapularis (Cucullaris) und M. interscapularis verzweigen. Entsprechend der verschiedenen Grösse der von ihnen innervirten Muskeln sind sie selbst von ungleicher Entwickelung. Der N. accessorius ist nicht unansehnlich bei Breviceps und Engystoma, mittelgross bei den Hylina und Ranina, klein bei Dactylethra und namentlich Pipa; der sehr kleine, dem N. accessorius ausser bei Pipa und Dactylethra stets an Grösse nachstehende, N. scapularis ist bei Pipa und Dactylethra am ansehnlichsten, bei den Ranina, Hylina, Hylaplenina und Bufo weit schwächer, bei Engsytoma und namentlich Breviceps durch ein verschwindend feines Fädchen repräsentirt.

II. Nn. spinales.

An der Bildung des Plexus brachialis betheiligen sich bei Pipa der erste, zweite und dritte, bei allen übrigen untersuchten Batrachiern der zweite, dritte und vierte Spinalnerv mit ihren ventralen Aesten. Durch diese Antheilnahme des ersten Spinalnerven an dem Plexus unterscheidet sich Pipa wesentlich von den andern Anuren[2]) und tritt in diesem Punkte in eine ge-

---

FISCHER, Amphibiorum nudorum neurologiae specimen primum. Berolini 1843. S. 18 f. (Genaue Beschreibung der Kopfnerven von Pipa americana etc.).

Zur eigenen Untersuchung dienten Dactylethra MÜLLERI, Pipa americana, Ceratophrys cornuta, Tomopterna americana, Engystoma carolinense, Breviceps gibbosus, Phyllomedusa bicolor, Kalohyla baleata. Nicht bei allen Thieren wurden die Endzweige verfolgt.

1) Von FISCHER bei Pipa ganz richtig beschrieben: „Primus tenuissimus est omnium (a ramo intestinali n. vagi editorum nervorum) ramuloque exiguo in m. levatorem scapulae inferioris (cucullarem) emisso ad posterius se convertit eumque musculum (interscapularem) instruit nervis, qui ex interno scapulae inferioris latere oriens parti internae scapulae superioris inseritur.“

2) Eine sichere Erklärung dieser auffallenden Erscheinung, die wahrscheinlich zu der abweichenden Zahl der Wirbel in Beziehung steht, ist nicht zu geben. STANNIUS führt an, dass bei Pipa (und Breviceps) die Wirbelzahl sich wegen Fusion der beiden vordersten und beiden hintersten Wirbel auf 8 vermindert habe. Danach existirte allerdings eine Uebereinstimmung zwischen Pipa und den andern Anuren, indem der erste Spinalnerv bei ersterer Gattung nicht als ein durch den ersten Wirbel tretender N. spinalis I., sondern als ein zwischen

wisse Verwandtschaft zu den Urodelen, die allerdings auch mit Vorsicht aufzufassen ist[1]). Auch die Art der Verwendung des zweiten und dritten Spinalnerven für den Plexus von Pipa ist von der bei den übrigen Anuren beträchtlich verschieden, indem die einzelnen Nervenstämme bei Beiden einander keineswegs direct entsprechen, sondern eine Homologie einmal zwischen dem zweiten Spinalnerv von Pipa und dem zweiten und dritten der übrigen Anuren, dann zwischen dem dritten Nerv von Pipa und dem dritten und vierten der übrigen Batrachier angenommen werden muss.

N. spinalis I. (*I.*)[2]). Blos bei Pipa vorhanden. Ziemlich feiner Nerv, der durch ein Loch im ersten Wirbel nach aussen tritt und sich theils in der zwischen Kopf und ersten Wirbel erstreckten Rumpfmuskulatur ausbreitet (1), theils mit dem N. spinalis II. die Ansa spinalis I. eingeht.

Ventraler Ast des N. spinalis II. (*II.*). Bei Pipa ein kräftiger Stamm, der gleich nach Bildung der Ansa spinalis I. den N. thoracicus superior II. (4, 7)[3]), welcher sich in den Mm.

---

den nur mit einander verwachsenen beiden ersten Wirbeln verlaufenden N. spinalis II. aufzufassen wäre. In Wirklichkeit aber existirt dieses von Stannius angegebene Verhältniss nicht, die Untersuchung an 2 Exemplaren von Pipa ergab vielmehr, dass der erste Wirbel wirklich ein einzig homogener Wirbel und nicht ein Concret von zwei Wirbeln ist. — Uebrigens fand ich, die Wirbelzahlen der Anuren betreffend, mehrfache Abweichungen von den Angaben von Stannius, der wahrscheinlich seine Untersuchungen z. Th. an trockenen Skeleten gemacht hat. Es ergab sich, das als ein Wirbel gerechnete Os coccygeum mit eingeschlossen, eine Wirbelzahl von 8 bei Pipa und Breviceps, eine Wirbelzahl von 9 bei Dactylethra Mülleri und Phyllomedusa, eine Wirbelzahl von 10 bei Tomopterna, Ceratophrys, Rana, Engystoma, Bufo, Bombinator, Trachycephalus, Kalohyla. Nur bei Dactylethra waren der zweite, dritte und vierte Wirbel mit einander verwachsen, bei allen übrigen waren sämmtliche Wirbel einzeln beweglich. Aus dem Os coccygeum trat kein Nerv bei Tomopterna, Ceratophrys, Engystoma, Bufo, Trachycephalus, Kalohyla, 1 Nerv bei Rana, Bombinator, Phyllomedusa, 2 Nerven bei Pipa, Dactylethra und Breviceps, woraus sich bei Rana etc. eine Zusammensetzung des Os coccygeum aus mindestens 2 Wirbeln, bei Pipa etc. aus mindestens 3 Wirbeln ergiebt.

1) Selbst bei den Urodelen ist die Beziehung des N. spinalis I. zum Plexus brachialis nicht so innig wie bei Pipa, indem bei ersteren eine Ansenbildung mit N. spinalis II. sich gar nicht findet und nur ein N. thoracicus superior abgegeben wird.

2) Von Fischer ziemlich richtig beschrieben — die Ansa mit N. spinalis II. scheint übersehen worden zu sein — aber als N. accessorius Willisii benannt. Die Art seiner Vertheilung in den Rumpfmuskeln, die Antheilnahme an dem Plexus brachialis und der Mangel jedweder Beziehung zu dem N. vagus machen letztere Bezeichnung unmöglich.

3) Entspricht dem N. thoracicus superior II. und III. der andern Anuren.

levator scapulae inferior (*lss*), levator scapulae superior (*pss*), serratus superior (*thss*) und rhomboideus anterior (*rha*) verzweigt, sowie einen feinen Ast an die vordere ventrale Rumpfmuskulatur (Zungenmuskeln) (3)[1]) abgiebt und mit seiner Hauptmasse mit N. spinalis III. die A. spinalis II. bildet. Bei den übrigen Anuren geht der ziemlich schwache Nerv, nachdem sich ein kleiner N. thoracicus superior II. (4) für den M. basi-suprascapularis und ein äusserst dünnes Verbindungsfädchen[2]) mit N. spinalis III. von ihm abgelöst haben, zu der Zungen- und Zungenbeinmuskulatur (3)[3]).

Ventraler Ast des N. spinalis III. (*III.*). Bei Pipa der letzte sich an der Bildung des Plexus brachialis betheiligende dem N. spinalis II. gleichstarke Nerv. Er giebt gleich nach seinem Durchtritte zwischen dem zweiten und dritten Wirbel ein feines Aestchen (10) an die Bauchmuskeln ab und bildet in einiger Entfernung von der Wirbelsäule mit N. spinalis II. die A. spinalis II. Erst ziemlich weit distal von dieser Ansa löst sich ein kleiner N. thoracicus superior III. (*IV.*) (9)[4]) von dem Hauptstamme des Plexus brachialis ab, der den M. thoraci-scapularis versorgt. Bei den übrigen Anuren ist der Nervenstamm der stärkste des ganzen Körpers und in der Regel weit grösser als der zweite und vierte Spinalnerv; nur bei Dactylethra ist der Unterschied in der Grösse das N. spinalis III. und N. spinalis IV. unbedeutend. Die Bildung der A. spinalis II. (mit N. spinalis II.) und A. spinalis III. (mit N. spinalis IV.) geschieht derart, dass die letztere Verbindung näher der Wirbelsäule zu Stande kommt, als die erstere. Die Abgabe des N. thoracicus superior III. (7), der die Mm. petroso-suprascapularis, rhomboideus anterior, thoraci-suprascapu-

---

1) Von Fischer (S. 20) ganz richtig beschrieben und als ein Element des N. hypoglossus erkannt.

2) Bei Phyllomedusa (Fig. 89) geht dieses Fädchen viel später als der N. thoracicus superior II. (4) ab und verbindet sich nicht mit dem Stamme des N. spinalis III., sondern mit dem Anfangstheile des N. supracoracoideus (12). Vergl. übrigens die (Theil I, Fig. 6) abgebildete Varietät von Rana. Bei Engystoma und Tomopterna konnte das Verbindungsfädchen nicht aufgefunden werden.

3) Theilweises Homologon des N. hypoglossus oder besser N. descendens.

4) Dieser N. thoracicus superior III. muss nach seiner Vertheilung im M. thoraci-scapularis als ein Homologon des N. thoracicus superior IV. der übrigen Anuren angesehen werden. Aus dieser Thatsache ergiebt sich aber ferner, dass der N. spinalis III. von Pipa Homologa des N. spinalis IV. der übrigen Batrachier in sich enthält.

laris und rhomboideus posterior versorgt, findet bei Rana vor Bildung der A. spinalis III, bei Phyllomedusa und Engystoma in gleicher Höhe mit derselben, bei Tomopterna und Ceratophrys nach ihrer Bildung statt; bei Engystoma sind N. thoracicus superior III. und IV. zu einem Nerven (7, 9) vereinigt.

Ventraler Ast des N. spinalis IV. (*IV.*). Dieser, bei Pipa zu dem Plexus brachialis in keiner Beziehung stehende Nerv ist in der Regel weit schwächer als der N. spinalis III. (mit Ausnahme von Dactylethra) und dem N. spinalis II. nahezu gleich stark. Er geht mit der einen grösseren (Tomopterna, Ceratophrys, Phyllomedusa) oder kleineren Hälfte (Rana) direct zu den Bauchmuskeln und insbesondere dem M. abdomini-scapularis (N. thoracicus inferior IV. (10)), mit der andern zu dem N. spinalis III. und bildet mit diesem die A. spinalis III. Bei Engystoma ist seine Betheiligung am Plexus brachialis eine weit weniger innige als bei den andern Anuren, indem der Nerv hier nur die Bauchmuskeln und den M. thoraci-scapularis versorgt, aber keine Elemente für den N. brachialis longus, d. h. den aus der Verbindung der 2 oder 3 den Plexus zusammensetzenden Spinalnerven resultirenden Hauptstamm, abgiebt. Der N. thoracicus superior IV. (9) für den M. thoraci-scapularis geht stets nach Bildung der A. spinalis III. in geringerer (Engystoma, Phyllomedusa) oder grösserer Entfernung von ihr (Rana, Tomopterna, Phyllomedusa) von dem N. brachialis longus ab [1]).

Der nach Bildung aller Ansen hervorgehende kräftige Hauptstamm (N. brachialis longus) ist anfangs ganz homogen und spaltet sich erst in der Gegend der Achselhöhle in die beiden Nn. brachiales longi inferior und superior; die in der Leibeshöhle abgegebenen N. brachiales inferiores und superiores gehen von der ventralen (resp. medialen) und dorsalen (resp. lateralen) Circumferenz des Hauptstammes vor seiner Theilung ab.

A. Nn. brachiales inferiores:

Auch hier ist eine Differenz zwischen Pipa [2]) und den übrigen

1) In diesen Fällen ist es nicht vollkommen sicher zu stellen, ob der N. thoracicus superior IV. nur aus dem N. spinalis IV. entsteht oder ob er auch durch Fasern des N. spinalis III. verstärkt wird. Für letzteres spricht seine Vertheilung im M. thoraci scapularis, der nicht blos von dem Processus transversus IV., sondern zum kleinen Theile auch von dem Processus transversus III. entspringt.

2) Dactylethra, die auf diese Beziehungen hin wegen zu schlechten Erhaltungszustandes nicht untersucht werden konnte, zeigt vermuthlich mit Pipa

Anuren zu constatiren, die weil blos durch die Vertheilung der Neuroglia bedingt allerdings nicht so wesentlich ist, als sie auf den ersten Blick erscheint. Während bei der Mehrzahl der Anuren die Nn. supracoracoideus, pectoralis und coracobrachialis mehr oder minder getrennt, die beiden letzteren sogar in ziemlicher Entfernung von dem ersteren von dem Hauptstamme sich abzweigen, löst sich bei Pipa ein einziger sehr kräftiger Nerv,

N. cervici-coraco-pectoralis[1]) in der Brusthöhle ab, der nach Ursprung aus den Zwischenwirbellöchern und nach Vertheilung an den Muskeln theils den genannten Nerven, theils dem N. descendens[2]) der übrigen Anuren entspricht. Nach kurzem Verlaufe theilt er sich in zwei Aeste, einen etwas stärkeren vorderen und einen etwas schwächeren hinteren, welcher letztere übrigens noch durch einen kleinen vom vorderen Aste abgelösten Zweig verstärkt wird. Der erstere Ast verläuft in der Bauchöhle nach vorn und unten und tritt dann durch die von Coracoid, Procoracoid und Epicoracoid umschlossene Oeffnung hindurch, während er sich zugleich in drei Zweige spaltet: der vordere, N. cervicalis descendens[3]) (3), zieht sich am Vorderrande des M. coraco-radialis proprius vorbei nach der Innenfläche des M. mylo-pectori-humeralis, den er mit mehreren Aesten versorgt, der mittlere, N. supracoracoideus der übrigen Anuren oder besser N. coraco radialis proprius (13), vertheilt sich in dem M. coraco-radialis proprius, der hintere, N. supracoracoideus

manche Uebereinstimmung, so weit hier der N. descendens in Frage kommt, vielleicht auch Pseudes paradoxa, deren Muskulatur nach Rüdinger's Untersuchungen der von Pipa ähnlich sein soll.

1) Der Name ist nicht ausreichend; eine vollkommen deckende Benennung würde aber viel zu schwerfällig werden.

2) Entspricht wahrscheinlich einem Theil des N. hypoglossus von Fischer. Vergleiche bei diesem S. 20. „Alium mox edit ramum priore paullo ampliorem etc."

3) Die Bedeutung dieses Nerven bedarf vielleicht noch weiterer Untersuchungen. Wir müssen ihn nach seiner Vertheilung in einem Muskel, der jedenfalls als eine besondere Differenzirung der ventralen Halsmuskulatur aufzufassen ist, als einen N. cervicalis descendens (Theil des N. descendens hypoglossi der meisten menschlichen Anatomien, besser N. cervicalis descendens Henle) ansehen, der nur durch besondere Vertheilung der Neuroglia mit andern Nerven aus dem Plexus brachialis in einer beträchtlichen Strecke vereinigt ist. Durch die Präparation lässt sich übrigens auch nachweisen, dass der Nerv in seiner überwiegenden Masse aus dem N. spinalis II. hervorgeht, also ein wirkliches Homologon des von den Autoren so genannten N. hypoglossus (besser N. descendens) der übrigen Anuren ist. (Vergleiche S. Theil I. S. 287 Anm. 2.)

medius et posticus (13), geht an dem Hinterrande des M. coraco-radialis proprius vorbei mit zwei Zweigen zu den Mm. supracoracoidei medius und posticus. Der letztere Ast verläuft nach hinten nnd unten an dem Hinterrande der Mm. coraco brachiales vorbei und theilt sich zugleich in zwei Zweige: Der vordere, N. pectoralis et coraco-brachialis (19, 22), versorgt den M. coraco-brachialis brevis und den M. pectoralis coraco-sternalis, der hintere N. pectoralis abdominalis (19) den M. pectoralis abdominalis.

Bei den übrigen Anuren (abgesehen von Dactylethra? und Pseudes?) ist die Vertheilung der Nn. brachiales inferiores ähnlich wie bei Rana:

a) N. supracoracoideus (12). Ziemlich kräftiger Nerv, der ungefähr an derselben Stelle wie der N. cervici-coraco-sternalis von Pipa sich vom Hauptstamme, von dessen vorderer und medialer Circumferenz ablöst. Er verläuft in der Bauchhöhle nach unten und etwas nach vorn und geht entweder durch die von Coracoid, Procoracoid und Epicoracoid umschlossene Oeffnung (sämmtliche Batrachier mit Procoracoid und Clavicula) oder am Vorderrande des Coracoids vorbei (Engystoma, Kalohyla), an die Innenseite der von ihm versorgten Mm. supra-coracoideus anticus und coraco-radialis proprius (mit Zweig 13), sowie des M. episterno-cleido-acromio-humeralis zum Theil (mit Zweig 14).

b) N. brachialis longus inferior (21). Sehr kräftiger Stamm, der in der Achselhöhle durch Theilung des N. brachialis longus entsteht. Seine Aeste sind:

α) Nn. pectorales und coraco-brachiales (19, 22). Bei der Mehrzahl der Anuren ein oder zwei Nerven, die vom Anfange des N. brachialis longus inferior von seiner unteren Circumferenz abgehen und sich in den Mm. pectoralis abdominalis, pectoralis sternalis, pectoralis epicoracoideus (coracoideus), coraco-brachialis longus und brevis internus vertheilen. Bei Pipa sind sie sämmtlich bis auf einen kleinen den M. coraco-brachialis longus versorgenden Zweig (22) im N. coraco-pectoralis enthalten.

β) N. cutaneus brachii inferior medialis (25). Mittelgrosser Hautnerv, der sich bei Pipa schon in der Brusthöhle unweit vom N. coraco-pectoralis, bei den andern Anuren erst im Bereiche des Oberarms abzweigt und die Haut der Ellenbogengegend sowie der Beuge- und Ulnarseite des Vorderarms versorgt.

γ) N. cutaneus brachii inferior lateralis. Hautast.

der erst am Ende des Oberarms abgeht und sich im radialen Bereiche der Beuge des Vorderarms vertheilt.

B. Nn. brachiales superiores:

a) N. latissimus dorsi (34). Meist ein unbedeutender Nerv, der in der Regel (Ceratophrys ausgenommen) gemeinsam mit dem hinteren N. dorsalis scapulae (31) von der äusseren Circumferenz des N. brachialis longus sich abzweigt und an die Innenseite des M. latissimus dorsi tritt. Der Nerv hat entsprechend der Entwickelung des von ihm versorgten Muskels bei Pipa und namentlich Dactylethra eine ganz ansehnliche Grösse, während er bei Rana, Engystoma, Breviceps, Trachycephalus und Phyllomedusa nur wenig und bei Tomopterna, Ceratophrys, Bufo und Kalohyla auffallend schwach entwickelt ist.

b) Nn. dorsales scapulae (30, 31). Ein oder zwei nicht unansehnliche Nerven, von denen der hintere (31), direct an den hinteren Theil des M. dorsalis scapulae gehende, meist mit dem N. latissimus dorsi (34) verbunden ist. Der vordere (30) verläuft erst zwischen Scapula und M. dorsalis scapulae, dann zwischen M. scapulo-humeralis profundus anterior und acromiohumeralis nach vorn zu dem M. episterno-cleido-humeralis longus, indem er während seines Verlaufs diesen Muskeln sämmtlich Zweige abgiebt. Sein Endtheil bildet einen kleinen Hautnerv der Achselgegend.

c) N. subscapularis. Kleiner, nur bei Breviceps vorhandener Nerv, der gleich neben dem vorderen N. dorsalis scapulae sich ablöst und den M. subscapularis versorgt. — Entspricht dem N. subscapularis der Urodelen.

d) N. scapulo-humeralis profundus posterior (29). Sehr kleiner Nerv, der unterhalb des vorderen N. dorsalis scapulae (30) vom Hauptstamme abgeht und den kleinen M. scapulohumeralis profundus posterior versorgt. Er ist nicht schwer nachweisbar bei Ceratophrys, Breviceps, Phyllomedusa und Trachycephalus, leicht zu übersehen bei Pipa, Dactylethra und Kalohyla. Bei Rana und Bufo gelang es mir nicht ihn zu finden, obschon dort Fasern des Muskels nachweisbar sind, bei Tomopterna und Engystoma fehlt er wie der von ihm innervirte Muskel.

e) N. cutaneus brachii et antibrachii superior medialis (41). Hautnerv für die Streckseite der Ober- und Vorderarms, der sich in verschiedener Höhe von dem Hauptstamme ablöst. Bei Engystoma geht er gleich nach dem N. supracora-

coideus (12), bei Ceratophrys in derselben Höhe wie der hintere N. dorsalis scapulae (31) ab, bei Pipa entspringt er dem vorderen N. dorsalis scapulae (30) gegenüber gemeinsam mit den Rr. musculares für den M. anconaeus (36) und trennt sich erst im Bereiche des ersten Drittels des Oberarms von ihnen.

f) N. brachialis longus superior (Radialis) (35, 38). Kräftiger Endstamm, der in der Achselhöhle gemeinsam mit dem N. brachialis longus inferior und dem N. brachialis longus entsteht. Er ist bei den untersuchten Anuren im Wesentlichen nicht verschieden von der Bildung bei Rana. Die Rr. musculares für den M. anconaeus (36) zweigen sich bei Pipa früher als bei Rana, schon vor der Trennung des Hauptstammes in den N. brachialis longus inferior und superior, bei Ceratophrys etwas später, hinter der Trennnngsstelle, ab.

§. 6b.

Muskeln der Schulter und des Oberarms [1]).

Die Muskeln der untersuchten Anuren bieten eine weit grössere Mannigfaltigkeit dar, als die bei der Untersuchung von Rana esculenta und Bufo cinereus gewonnenen und bei beiden ziemlich übereinstimmenden Resultate erwarten liessen. Die neuen Unter-

1) Zur Untersuchung dienten Pipa americana, Dactylethra Mülleri. Tomopterna americana, Ceratophrys cornuta, Engystoma carolineuse, Breviceps gibbosus, Bufo guttatus, Trachycephalus marmoratus, Phyllomedusa bicolor (zum Theil) und Kalobyla baleata. — Von der zahlreichen einschlägigen Literatur (Vergl. Theil I. S. 292, Anm. 1.) wurden nur die folgenden Werke berücksichtigt, welche die Myologie irgend eines der von mir untersuchten Thiere (Pipa americana) ebenfalls behandeln:

MAYER a. a. O. S. 534 f. (Einzelne Muskeln von Pipa).

MECKEL, System der vergleichenden Anatomie. Band III. Halle 1828. S. 159 f. S. 174 f. S. 200 f. (Brauchbare Beschreibung der Mnskeln von Pipa).

KLEIN a. a. O. S. 25 f. (Genaue Beschreibung der Muskeln von Pipa).

RÜDINGER, Die Muskeln der vorderen Extremität der Reptilien und Vögel. Haarlem 1868. S. 27 f. (Specielle Berücksichtigung des M. pectoralis, deltoideus und latissimus dorsi von Pipa).

Ausserdem wurden die beiden besten Monographien über die Muskulatur eines Batrachiers (Rana):

ZENKER, Batrachomyologia. Diss. inaug. Jenae 1825. S. 37 f. und

ECKER, Anatomie des Frosches. Theil I. Braunschweig 1864. S. 81 f. S. 84 f. S. 89 f.

lediglich zur Vergleichung der Nomenclatur benutzt. Einzelne diesen Punkt betreffende falsche Angaben in Theil I. sind im Folgenden berichtigt.

suchungen ergaben eine Anzahl Muskeln, die Rana und Bufo entweder ganz fehlen (Mylo-pectori-humeralis, Supracoracoideus, Scapulo-humeralis profundus posterior, Subscapularis) oder doch nicht als selbstständige Bildungen vorhanden sind (Scapulo-humeralis profundus anterior); ein früher nur als Theil eines andern aufgefasster Muskel (Thoraci-suprascapularis inferior) stellte sich als eine selbstständige Bildung heraus. Die früher gegebene Uebersicht [1]) ist danach in folgender Weise zu ändern:

A. Durch N. vagus innervirt:

Insertion an dem dorsalen Abschnitte des Brustgürtels (Scapula).

a) Ursprung vom Kopfe, Innervation durch den R. accessorius n. vagi:

Capiti-scapularis (*Cucullaris*).

b) Ursprung vom Suprascapulare, Innervation durch den R. scapularis n. vagi:

Interscapularis.

B. Durch Nn. thoracici superiores innervirt:

a) Ursprung vom Hinterkopfe und zuweilen auch vom ersten Wirbel, Insertion am Suprascapulare.

α) Vom ventralen Theil des Hinterkopfes und zuweilen auch von der Unterfläche des ersten Wirbelkörpers:

Basi-suprascapularis (*Levator scapulae inferior*).

β) Vom lateralen Theil des Hinterkopfes:

Petroso-suprascapularis (*Levator scapulae superior*).

γ) Vom dorsalen Theil des Hinterkopfes:

Occipiti-suprascapularis (*Rhomboideus anterior*).

b) Ursprung vom Rumpfe (Processus transversi s. transverso-costales und Rippen):

α) Insertion vorwiegend an der Scapula:

Thoraci-scapularis (*Serratus infimus*).

β) Insertion an der Innenfläche des Suprascapulare:

aa) An dessen unterem Theile:

Thoraci-suprascapularis inferior (*Serratus medius*).

bb) An dessen oberem Theile:

Thoraci-suprascapularis superior (*Serratus supremus*).

1) Vergl. Theil I. S. 298 (Jenaische Zeitschrift Band VII.).

C. Durch N. descendens innervirt:

Ursprung vom Unterkiefer, Insertion am Brustgürtel und Oberarm:

Mylo-pectori-humeralis.

D. Durch N. thoracicus inferior innervirt[1]:

Ursprung von der Bauchfläche, Insertion an der Scapula:

Abdomini-scapularis:

E. Durch Nn. brachiales inferiores innervirt:

a) Ursprung vom Rumpfe (Bauchfläche, Sternum, auch auf Coracoid oder Epicoracoid übergreifend), Insertion am Oberarm:

Pectoralis.

b) Ursprung vom ventralen Theile des Brustgürtels (auch auf Sternaltheile übergreifend).

α) Durch N. supracoracoideus innervirt:

aa) Insertion am Oberarm:

Supracoracoideus.

bb) Insertion am Vorderarm:

Coraco-radialis proprius.

β) Durch Aeste des N. brachialis longus inferior innervirt, Insertion am Oberarm:

Coraco-brachialis longus.
Coraco-brachialis brevis.

F. Durch Nn. brachiales inferiores und superiores zugleich innervirt:

Ursprung vom vorderen Theile des Brustgürtels (Clavicula, Acromion, auch auf die Episternum übergreifend), Insertion am Oberarm:

Episterno-cleido-acromio-humeralis.

G. Durch Nn. brachiales superiores innervirt:

a) Ursprung vom Rumpfe (dorsale Fläche des Rückens) Insertion am Oberarm:

Dorso-humeralis (*Latissimus dorsi*).

b) Ursprung von dem dorsalen Abschnitte des Brustgürtels, Insertion am Oberarm:

α) Ursprung von der Aussenfläche des Suprascapulare, Insertion am Processus lateralis gemeinsam mit dem Latisimus dorsi:

Dorsalis scapulae.

β) Ursprung von der Scapula, Insertion an der Streckseite des Oberarms medial von dem Processus lateralis desselben.

aa) Ursprung von der Aussenfläche und dem Vorderrande der Scapula, Insertion medial vom Dorsalis scapulae und lateral vom Anconaeus humeralis lateralis:

Scapulo-humeralis profundus anterior.

bb) Ursprung von dem Hinterrande der Scapula, Insertion medial vom Anconaeus humeralis lateralis und lateral vom Anconaeus scapularis medialis:

Scapulo-humeralis profundus posterior.

cc) Ursprung vom Hinterrande und der Aussenfläche der Scapula, Insertion medial vom Anconaeus scapularis medialis und gemeinsam mit dem Coraco-brachialis brevis internus am Processus medialis:

Subscapularis.

c) Ursprung vom dorsalen Abschnitte des Brustgürtels (Scapula) und Oberarm, Insertion am Vorderarm:

Anconaeus.

---

1. Capiti-scapularis (Cucullaris)[1].

Vergleiche Theil I. S. 295. Nr. 1.

Protractor acromii: Zenker (No. 97. 98).
Sternocleidomastoideus: Klein, Ecker (No. 44).
Scapulo-mastoideus s. sternocleidomastoideus: Rüdinger.

Verschieden grosser Muskel, der vom Os tympanicum und von dem lateralen Theile des Os petrosum, mitunter auch auf den Lateralrand des Os occipitale externum übergreifend, entspringt und mit descendentem Faserverlaufe, ganz oder theilweise vom M. digastricus bedeckt, an die Scapula geht, wo er inserirt. Der

1) Von Meckel unter No. 4 ohne Namen beschrieben.

Muskel ist ziemlich breit und kräftig bei Tomopterna, den Bufonina (Engystoma, Breviceps, Bufo), den Hylina (Trachycephalus, Phyllomedusa) und den Hylaplesina (Kalohyla), ziemlich schwach und schmal hingegen bei den Aglossa (Dactylethra, Pipa), Ceratophrys und Rana. Die Insertion findet an dem Vorderrande der oberen Partie der Scapula (Breviceps, Bufo) oder an diesem und dem angrenzenden Theile der Aussenfläche (Engystoma) oder an dem Vorderrande und der angrenzenden Innenfläche (Ranina, Hylina, Hylaplesina) oder blos an dem hinteren Theile der Innenfläche der Scapula (Aglossa) statt.

Innervirt durch den R. accessorius n. vagi.

Der Muskel bietet keine wesentliche Differenz von dem bei Rana beschriebenen Verhalten dar. Von Interesse ist die Variirung seiner Insertion, die bald allein auf den Vorderrand der Scapula beschränkt ist, bald auf diesen und die Aussen- und Innenfläche der Scapula sich ausdehnt, bald nur an letzterer und sogar an ihrem hinteren Theile stattfindet. Das erste Verhalten zeigt eine nahe Verwandtschaft mit den Bildungen der Urodelen, während sich im letzten eine Differenzirung darbietet, die von den Verhältnissen bei den Urodelen weit abweicht.

2. Interscapularis [1]).

Vergleiche Theil I. S. 296. No. 2.

Subscapularis: Zenker (No. 87. 88).
Interscapularis: Klein, Ecker, Rüdinger.

Verschieden grosser Muskel an der Innenfläche des dorsalen Brustgürtel zwischen Suprascapulare und Scapula, der bei sämmtlichen untersuchten Anuren sich findet [2]). Er ist am beträchtlichsten entwickelt bei Pipa und Dactylethra, wo er eine kräftige aber nicht sehr breite Muskelmasse darstellt. Nur mittlere Grösse hat er bei den Ranina, noch kleiner ist er bei den Hylina, Hylaplesina und Bufonina, unter letzteren namentlich bei Breviceps, wo er von dem untern Rande des Suprascapulare zu dem oberen der Scapula geht und leicht übersehen werden kann. Bei Kalohyla, weniger deutlich bei Engystoma, findet sich eine Differenzirung in zwei Partien, eine vordere breite und kurze, die von dem untern Drittel der Innenfläche des Suprascapulare entspringt, und eine

1) Meckel: No. 8.
2) Von Klein mit Unrecht bei Pipa geleugnet.

hintere schmale und lange, die von der Innenfläche der hintern oberen Ecke des Suprascapulare kommt. Beide Theile vereinigen sich im Bereiche des oberen Drittels der Scapula vollkommen und inseriren an der Mitte der Innenfläche derselben.

Innervirt durch den R. scapularis n. vagi.

3. Basi-suprascapularis (Levator scapulae inferior)[1]).

Vergleiche Theil I. S. 298. No. 3.

Protractor scapulae: Zenker (No. 95. 96).
Levator anguli scapulae: Klein, Ecker.
Portio anterior serrati majoris s. levator scapulae proprius: Rüdinger.

Ziemlich kräftiger Muskel, der entweder von der Schädelbasis allein oder von dieser und der Unterfläche des ersten Wirbelkörpers entspringt und, den M. thoraci-suprascapularis inferior kreuzend, derart, dass dieser über ihm sich vorbeizieht, nach der Innenfläche des unteren Theiles des Suprascapulare geht, wo er in verschiedener Ausdehnung inserirt. In der Regel hat der Muskel eine ansehnliche Grösse, so namentlich bei Pipa, den Ranina und Bufonina; bei Dactylethra, den Hylina und Hylaplesina ist er weniger entwickelt. Der Ursprung findet von der Schädelbasis und dem ersten Wirbel statt bei Pipa, Breviceps, Engystoma, Trachycephalus und Kalohyla, blos von dem Schädel bei Dactylethra, den Ranina, Bufo und Phyllomedusa.

Innervirt durch den N. thoracicus superior II. (4).

Von Bedeutung ist der bei Vielen auch auf den ersten Wirbel ausgedehnte Ursprung, wodurch die Homologie mit dem Levator scapulae des Menschen zwingender wird. Eine besondere Differenzirung bei den Anuren ist die, dass der Muskel nicht von dem Querfortsatze des Wirbels, sondern tiefer, von dessen Unterfläche, entspringt.

1) Meckel: No. 8. Seine Angabe, dass er ausser von dem Schädel auch von den vordersten Wirbeln komme, kann ich ebensowenig als die Klein's und Rüdinger's, wonach der Muskel nur vom Kopf kommt, bestätigen.

4. Petroso-suprascapularis (Levator scapulae superior)[1].

Vergleiche Theil I. S. 299. No. 4.

Levator scapulae profundus: Zenker (No. 91. 92).
Protrahens scapulae: Ecker.
Levator anguli scapulae: Rüdinger.

In der Regel etwas kleiner als der vorige, oberhalb dessen er liegt. Er entspringt vom Felsenbeine und dem lateralen Theile des Os occipitale und geht horizontal nach hinten an die Unterfläche des obern vordern Theils des Suprascapulare. Bei geringer Entwickelung (Ranina, Bufo, Hylina, Hylaplesina) nimmt seine Insertion nur die Innenfläche des oberen vorderen Winkels des Suprascapulare ein, bei grösserer (Pipa, Dactylethra, Engystoma, Breviceps) erstreckt sie sich über die vorderen zwei Drittel des oberen Drittels der Innenfläche des Suprascapulare.

Innervirt durch den N. thoracicus superior II. (4, 7) (Pipa) oder III. (7) (übrige Anuren).

5. Occipiti-suprascapularis (Rhomboideus anterior).

Vergleiche Theil I. S. 300. No. 5.

Levator scapulae sublimis: Zenker (No. 89. 90).
Oberer Vorwärtszieher: Meckel (No. 1).
Cucullaris: Klein, Ecker, Rüdinger.

Verschieden breiter, wenig dicker Muskel, der von dem hinteren oberen Theil des Schädels in der Regel an den oberen Rand des Suprascapulare und den angrenzenden Theil der Unterfläche desselben in verschiedener Ausdehnung geht. Er ist ziemlich gross bei Pipa, Breviceps und Kalohyla, auffallend klein bei Dactylethra. Der Ursprung findet in der Regel von dem Os occipitale laterale nahe der Mittellinie statt, so dass er medial den Ursprung des Muskels der Gegenseite nahezu berührt; nur bei Pipa und Engystoma ist er lateral gerückt und liegt am lateralen Rande des Os occipitale und dem medialen Theile des Os petrosum. Die Insertion beschränkt sich bei geringer Entwickelung auf die vordere obere Ecke des Suprascapulare, bei grösserer nimmt sie die vordere Hälfte (Tomopterna) oder die vorderen drei Fünftel (Kalohyla) oder vier Fünftel (Breviceps) des oberen Randes des Suprascapulare ein. Bei Pipa inserirt der Muskel, ent-

1) Meckel: No. 2.

sprechend seinem mehr lateralen Ursprunge, an den oberen zwei Fünfteln des Vorderrandes des Suprascapulare.

Innervirt durch den N. thoracicus superior II. (4 + 7) (Pipa) oder III. (7) (übrige Anuren).

6. Thoraci-scapularis (Serratus infimus)[1].

Vergleiche Theil I. S. 301. No. 6.

Depressor acromii: Zenker (No. 103. 104).
Depressor scapulae: Klein.
Transverso-scapularis major: Ecker (No. 46).
Transverso-scapularis major u. minor: Rüdinger.

Schlanker und nicht sehr kräftiger Muskel, der bei Pipa von dem zweiten und dritten Wirbel, resp. Rippe[2]), bei allen übrigen

1) Meckel: No. 7. — Der kleine vordere, von dem 3. resp. 2. Wirbel entspringende, Kopf ist von Meckel und Klein übersehen worden. Ecker und Rüdinger haben ihn richtig beobachtet, letzterer hat ihn als selbstständigen M. transverso-scapularis minor von dem hinteren Kopf, den er M. transverso-scapularis major nennt, unterschieden. Ich kann mich mit dieser Trennung nicht einverstanden erklären. — Das Epitheton Magnus lassen wir für die Zukunft als überflüssig von der Bezeichnung Serratus magnus fallen.

2) Ueber die Existenz der Rippen bei den Anuren sind die Meinungen der vergleichenden Anatomen getheilt. Die meisten erblicken in den sogenannten Querfortsätzen derselben entweder lediglich Homologe der Processus transversi oder untrennbare Verschmelzungen von Querfortsatz- und Rippenelementen (Processus transverso-costales); nur wenige scheinen eine gewisse Selbstständigkeit von Rippenbildungen anzuerkennen. — Bei Pipa nun trägt der dritte (gleich dem zweiten auffallend lange) Querfortsatz an seinem lateralen Ende eine ansehnliche ziemlich breite Knorpelplatte, die mit ihm (durch Gelenk) beweglich verbunden ist. Diese Platte ist meines Wissens zuerst von Preyer (Observationes anatomicae circa fabricam Ranae pipae. Diss. inaug. Berolini 1811) aufgefunden, dann von Meckel (Band I. S. 385) als „ansehnlicher beweglicher länglichrunder Knorpel, der viel breiter als er (der Wirbelquerfortsatz) selbst ist und als Rippenrudiment erscheint“ beschrieben (an anderen Stellen z. B. S. 390 wird die Existenz von beweglichen Rippen vollkommen in Abrede gestellt), später von Klein als „knorpelige Platte des dritten Processus transversus“ und von Stannius (S. 16) als „knorpeliger Anhang (der einigermaassen an die Processus uncinati der Rippen bei den Crocodilen und Vögeln erinnert)“ angeführt worden. Diesen Ansichten tritt Dugès (Recherches sur l'ostéologie et la myologie des Batraciens. Paris 1834. S. 58) entgegen, indem er sagt: „cette circonstance doit faire penser que les appendices cartilagineux, suspendus au bout de ces apophyses chez les autres Batraciens anoures et notamment le pipa, sont des côtes rudimentaires“. Ich schliesse mich Pipa betreffend Dugès an und erblicke in der Platte des dritten Wirbels ein vollkommenes Homologon einer Rippe, während ich den knöchernen mit dem Wirbelkörper

Anuren von dem dritten und vierten Wirbel entspringt und mit etwas convergirenden Fasern nach dem oberen Theil der Innenfläche der Scapula geht. Bei Pipa entsteht der Muskel mit zwei getrennten Köpfen, einem ganz schwachen vorderen von dem Knorpelende des Processus transversus (transverso-costalis) II. und einem kräftigeren hinteren von dem Lateralrande der Rippe des dritten Wirbels; beide Köpfe vereinigen sich ungefähr in der Mitte ihres Verlaufs zu einem homogenen Muskel, der an die Innenfläche der an einander angrenzenden Ränder der Scapula und des Suprascapulare geht. Bei den übrigen Anuren sind ebenfalls zwei von den lateralen Knorpelenden der Processus transversi (transverso-costales) II. und III. entspringende Köpfe, ein kleinerer vorderer und ein grösserer hinterer, nachweisbar, die aber sehr bald zu einem Muskel verschmelzen, der entweder wie bei Pipa an aneinander anstossenden Theilen der Scapula und des Suprascapulare (Dactylethra) oder nur an der Innenfläche der Scapula nahe dem hinteren Rande, und zwar dann entweder im Bereiche des oberen Drittels (Ranina, Engystoma, Hylina, Hylaplesina) oder des mittleren Drittels (Bufo guttatus) oder des mittleren Fünftels (Breviceps) inserirt. Bei Dactylethra sind die beiden Köpfe schon am Ursprunge zu einem Muskel verschmolzen; diese Bildung steht in

---

fest verbundenen Querfortsatz als echten Processus transversus ansehe. Aehnliche Knorpelanhänge existiren auch bei andern Batrachiern, z. B. bei Dactylethra, Ceratophrys, Discoglossus (cf. Duméril et Bibron, Erpétologie générale. VIII. Paris 1841. S. 425), Megalophrys (cf. Duméril et Bibron), Colodactylus (cf. Peters a. a. O. S. 414), Alytes und Bombinator (cf. Dugès und Duméril et Bibron), sind hier aber nicht beweglich mit den Querfortsätzen verbunden, so dass sie nur mit Wahrscheinlichkeit als Rippenhomologe angesprochen werden können. Von besonderem Interesse ist die Bildung von Alytes obstetricans, wo der verbreiterte Endknorpel von einem querfortsatzähnlichen Knochenstück ausgeht, das von dem Wirbel durch eine Knorpelnaht getrennt ist; ob dieses Knochenstück mit Dugès als rippenähnliche Bildung (l'appendice costiforme) oder als Theil des Querfortsatzes aufzufassen ist, müssen eingehendere Untersuchungen erst noch entscheiden; eine förmliche Articulation, die Dugès angiebt, fand ich nicht. Bei der Mehrzahl der übrigen Batrachier existiren auch an den Enden verschiedener Querfortsätze Knorpelstücke, die aber weder nach Form noch nach Verbindung mit den Querfortsätzen etwas charakteristisches darbieten und mit gleichem Rechte als Rippenrudimente wie als Querfortsatzelemente aufgefasst werden können. — Die Ansichten Cope's über die Rippen der Batrachier, der (nach den mir gemachten brieflichen Mittheilungen des Herrn Professor Peters) diesen Gegenstand im Journal of the Academy of natural sciences of Philadelphia. Vol. VI. 2d series 1866—1869. S. 74 f. auch behandelt hat, kenne ich nicht.

enger Beziehung zu der geringen Selbstständigkeit des zweiten, dritten und vierten Wirbels, die mit einander verwachsen sind.

Innervirt durch den N. thoracicus superior III. (9) (Pipa) oder IV. (9) (übrige Anuren).

Der Muskel gehört, wie schon früher erwähnt, zum Systeme des Serratus magnus. Doch ist seine Homologie mit diesem keine complete, da er nicht an der Basis der Scapula (Suprascapulare), sondern in der Nähe des glenoidalen Theiles derselben inserirt. Rüdinger ist zu weit gegangen, wenn er danach jede Vergleichung mit dem Serratus ausschliesst. — Auffallend erscheint die Differenz des Ursprungs von Pipa gegenüber allen andern Batrachiern; sie ist aber mit Leichtigkeit aufzulösen, wenn man den zweiten und dritten Wirbel von Pipa mit dem dritten und vierten der übrigen Batrachier vergleicht, eine Vergleichung, die übrigens durch die Anordnung der andern von ihnen entspringenden Muskeln und der Nn. spinales II. und III. von Pipa bestätigt wird.

7. Thoraci-suprascapularis inferior (Serratus medius)[1].

Depressor scapulae: Zenker (No. 101. 102).
Rückwärtszieher z. Th.: Meckel (No. 6 z. Th.).
Adductor scapulae: Klein.
Transverso-scapularis minor: Ecker (No. 47).
Pars posterior m. serrati antici majoris s. Pars III. des Serratus: Rüdinger.

Kleiner aber ganz selbstständiger Muskel, der bei Pipa von dem Processus transversus, (transverso-costalis) II., bei allen übrigen Anuren von dem Processus transversus (transverso-costalis) III. und zwar von der Unterseite und dem Vorderrande des lateralen Theils desselben[2]) entspringt und mit nach vorn verlaufenden Fasern an die Innenfläche des vorderen Abschnittes des Supra-

1) Diesen Muskel habe ich früher nicht als selbstständigen Muskel, sondern nur als Theil des M. thoraci-suprascapularis (Serratus magnus superior) aufgeführt. Seine bei allen untersuchten Batrachiern nachweisbare Selbstständigkeit jedoch nöthigt mich von meiner früheren Darstellung abzugehen und mich namentlich Ecker, der ihn vorzüglich genau beschreibt, anzuschliessen. Die Fig. 27 (cf. Theil I), die den Muskel nicht deutlich genug darstellt, bedarf danach einer Correction. — Die von Klein als Levator scapulae profundus und von Rüdinger als Portio media serrati antici majoris beschriebenen Muskeln haben einige Aehnlichkeit mit dem Serratus medius, konnten aber genau so wie Klein und Rüdinger sie angeben von mir nicht aufgefunden werden.

2) Das laterale Ende ist ausgeschlossen, da dieses von dem Ursprunge des Serratus infimus eingenommen ist.

scapulare, im Bereiche des mittleren Drittels desselben (vertikal gerechnet), geht, wo er inserirt. Auf seinem Verlaufe kreuzt er den M. levator scapulae inferior derart, dass er oberhalb desselben liegt. Der Muskel zeigt wenig Schwankungen, sondern repräsentirt eine bei allen untersuchten Anuren ziemlich gleichmässige Bildung.

Innervirt durch den N. thoracicus superior II. (4+7) (Pipa) oder III. (7) (übrige Anuren).

Der Muskel ist als eine selbstständige Differenzirung des M. serratus aufzufassen; sein weit nach vorn gerückter Ursprung unterscheidet ihn wesentlich ebensowohl von dem M. serratus infimus wie von dem M. serratus supremus. Nach seinem Ursprunge und namentlich nach seiner Insertion zeigt er grosse Aehnlichkeit mit der unteren Partie des M. thoraci-scapularis der Urodelen (*ths*)[1], doch darf diese Aehnlichkeit wegen der abweichenden Lage zum M. basi-scapularis nicht zu unvorsichtiger completer Homologisirung beider Muskeln verleiten. Der abweichende Ursprung bei Pipa lässt sich aus dem schon beim vorigen Muskel angegebenen Grunde erklären.

8. Thoraci-suprascapularis superior (Serratus supremus mit Rhomboideus posterior).

Vergleiche Theil I. S. 302. Nr. 7.

Serratus supremus:
Omoplateus rectus: ZENKER (No. 93. 94).
Rückwärtszieher z. Th.: MECKEL (No. 6 z. Th.).
Serratus: KLEIN.
Transverso-scapularis III. s. Serratus: ECKER (No. 48).
Pars medialis m. serrati antici majoris: RÜDINGER.
Rhomboideus posterior[2]):
Rückwärtszieher z. Th.: MECKEL (No. 6 z. Th.).
Rhomboideus: KLEIN, RÜDINGER.
Retrahens scapulae: ECKER (No. 33).

Breite aber, abgesehen von Pipa und Dactylethra, nicht sehr starke Muskelmasse, deren Ursprung bei Pipa von dem zweiten

1) Diese Aehnlichkeit ist bedeutender als die zwischen den unteren Partien des Serratus magnus der Urodelen und des Serratus infimus der Anuren.

2) Von ZENKER nur bei Gelegenheit der Tafelerklärung (S. 50. No. 25) als „fibrae aliquot musculares scapulam deprimentes, raro obviae“ beschrieben. — Die Identificirung des ECKER'schen Retrahens scapulae und der RÜDINGER'schen Pars medialis m. serrati antici majoris kann ich nicht bestätigen.

und dritten, bei den übrigen Anuren von dem dritten und vierten Wirbelquerfortsatz stattfindet und sich meist medialwärts über die Längsmuskulatur des Rückens, in manchen Fällen auch bis zu den Dornfortsätzen der erwähnten Wirbel erstreckt und deren Insertion den Hinterrand oder den vorderen oder den oberen Saum der Innenfläche des Suprascapulare in verschiedener Ausdehnung einnimmt. Der Muskel ist mehr oder weniger deutlich in zwei Theile geschieden, die von der Oberfläche des lateralen Theils der Processus transversi ihren Ursprung nehmen, von denen der vordere meist etwas schmäler aber kräftiger als der hintere ist; am ausgeprägtesten ist diese Scheidung bei Kalohyla, wo beide durch einen ziemlich breiten Spalt von einander getrennt sind. Bündel, die medial von dem lateralen Ende der Querfortsätze entspringen, fehlen vollkommen bei Pipa, Dactylethra, Breviceps und Engystoma: ein Rhomboideus posterior ist hier nicht entwickelt. Die erste Andeutung desselben findet sich bei Kalohyla, wo die Muskelbündel des hinteren Theils mit ihrem Ursprunge medial über die angrenzende Längsmuskulatur des Rückens übergreifen und von der in der Höhe des vierten Wirbels gelegenen Inscriptio tendinea entspringen. Eine weitere Ausbildung kommt Bufo zu, wo der Rhomboideus medial eben an den Processus spinosus III. angrenzt. Die höchste Entwickelung zeigt sich bei Ceratophrys, Tomopterna, Phyllomedusa und namentlich bei Trachycephalus, wo der Rhomboideus posterior ausser von der dem vierten Wirbel entsprechenden Inscriptio tendinea auch von den Dornfortsätzen des dritten und vierten (Ceratophrys, Tomopterna) oder des zweiten, dritten und vierten (Phyllomedusa) oder der vier ersten Wirbel (Trachycephalus) entspringt; bei Tomopterna, Bufo und Trachycephalus existirt zugleich eine deutliche Trennung von dem Serratus supremus. Die Insertion findet bei Breviceps statt am Hinterrande des Suprascapulare im Bereiche seines oberen Viertels, bei Pipa an den oberen drei Fünfteln des vordersten Theils der Innenfläche des Suprascapulare, bei den übrigen an dem obersten Saume der Innenfläche des Suprascapulare, und zwar in dessen hinterer Hälfte bei Tomopterna und Kalohyla, in dessen Mitte bei Engystoma, in dessen hinteren zwei Dritteln bei Ceratophrys, in dessen ganzer Ausdehnung mit Ausnahme des vordersten und hintersten Endes bei Dactylethra, Bufo, Trachycephalus und Phyllomedusa.

Innervirt durch den N. thoracicus superior II. (4+7) (Pipa) oder III. (7) (übrige Anuren).

Der Muskel ist, wie schon (Theil I. S. 302) erwähnt worden, ein Homologon der oberen Partie des M. serratus magnus der Urodelen; die Bildung des Rhomboideus posterior ist den Anuren eigenthümlich.

9. Mylo-pectori-humeralis[1]).

Vorderer oberflächlicher Brustmuskel: MAYER (No. 7).
Humero-mylo-sternalis: KLEIN.
Portio sternalis anterior m. pectoralis majoris: RÜDINGER.

Kräftiger und breiter Muskel bei Pipa, der von den vorderen zwei Dritteln des Unterkiefers, und zwar von dessen Innenfläche, unten bedeckt von dem kleinen und in einzelne Bäuche aufgelösten M. myloyhoideus anterior, entspringt und neben dem der Gegenseite mit nahezu parallelen Fasern nach hinten zur Gegend des Brustgürtels verläuft. In der Höhe der Clavicula gehen seine Muskelfasern in einer schrägen Linie, die ungefähr der Lage der Clavicula entspricht, in eine sehr breite Aponeurose über, die sich über die von Clavicula und Epicoracoid entspringenden Muskeln hinwegzieht und schliesslich zwischen M. supracoracoideus posticus und M. pectoralis sterno-coracoideus und coraco-brachialis sich an dem Coracoid inserirt, zugleich aber mit einem kräftigen lateralen Sehnenzipfel sich mit den Sehnen des M. pectoralis abdominalis und sternocoracoideus verbindet und gemeinsam mit ihnen an dem Processus lateralis humeri sich anheftet. Bei Dactylethra existirt ebenfalls ein breiter Längsmuskel, der an dem Brustgürtel inserirt[2]).

1) MECKEL beschreibt den Muskel recht genau auf S. 183. „Ausserdem liegt vor den oben beschriebenen Theilen (des grossen Brustmuskels) ein grösserer, aber dünnerer, viereckiger Bauch, der durch seinen hinteren Rand in eine sie bedeckende und mit ihnen verschmelzende Sehne übergeht, sich durch den Winkel, worin der äussere und hintere Rand zusammenstossen, dicht vor den übrigen Bäuchen an den vordern Oberarmhöcker, durch den vordern Rand an die Unterkieferhälfte seiner Seite heftet.“ Ueber die Deutung des Muskels ist er nicht klar; er meint, dass er auf Kosten besonders des Quermuskels des Unterkiefers enstanden zu sein scheine, und gleich darauf, dass er wohl der nach vorn gerückte Theil des Deltoides sein könne, der ausserdem fehle. Brauchbar ist die Beschreibung von KLEIN, sehr dürftig hingegen die MAYER's und RÜDINGER's; letztere erwähnen gar nicht die Insertion am Brustgürtel, MAYER überdies bildet den Muskel mit quer verlaufenden Fasern ab.

2) Der Ursprung konnte wegen zu schlechten Erhaltungszustandes nicht

Innervirt durch den vorderen Ast des N. cervici-coraco-pectoralis, den N. cervicalis descendens (3_1).

Eine Vergleichung des Muskels mit dem Pectoralis (MAYER, RÜDINGER) wird sowohl durch die Art seiner Innervirung, durch einen vor dem Coracoid an ihn herantretenden Nerv, als auch durch Ursprung und Insertion unmöglich gemacht. Die Annnahme, dass der sonst mit seinem Ursprunge auf die Bauchfläche und das Sternum beschränkte und höchstens bis auf das Epicoracoid sich nach vorn erstreckende Pectoralis mit seinem Ursprunge bis vor zum Kiefer greifen könne (wobei er sich ausserdem zwischen andere Halsmuskeln eindrängen müsste), erscheint schon von vornherein zum mindesten sehr bedenklich uud ist auch durch keinen einzigen nur einigermaassen analogen Vorgang bei den Wirbelthieren vermittelt; höchst unwahrscheinlich wäre ferner, dass die Insertion nur zum kleinsten Theile am Humerus, mit der Hauptmasse aber an dem Brustgürtel stattfinden sollte. Dieselben Einwände, Ursprung und Insertion betreffend, sind auch gegen eine Deutung des Muskels als Theil des Deltoideus (MECKEL) zu erheben. — Der Muskel ist nach Ursprung, Faserverlauf und Lage zu den andern Halsmuskeln, zum Theil auch nach seiner Insertion als ein ungewöhnlich stark entwickelter ventraler Längsmuskel[1]) aufzufassen, der im Allgemeinen den Mm. sternohyoideus, sternothyreoideus, thyreohyoideus, geniohyoideus homolog, aber zugleich zu einseitig differenzirt ist, um eine speciellere Vergleichung zu gestatten. Das an den Humerus gehende Sehnenfascikel ist ein aberrirender Zipfel, der nur eine ganz secundäre Bedeutung hat. Die Art der Innervirung bebestätigt diese Deutung des Muskels vollkommen. Während bei allen andern Anuren die Hauptmasse des N. spinalis II. direct zu der von ihm versorgten ventralen Halsmuskulatur geht, verbindet sich dieser Nerv bei Pipa fast in seiner ganzen Totalität (abgesehen von einem ganz dünnen Aestchen (3)) mit dem N. spinalis III. zu dem Plexus brachialis, dessen Hauptstamm seinerseits erst später den N. cervici-coraco-pectoralis und als dessen vordersten

sicher nachgewiesen werden, ebenso wenig eine Insertion am Humerus. Der M. mylohyoideus ist bei Dactylethra viel kräftiger entwickelt und viel weiter nach hinten ausgedehnt als bei Pipa. — Nach RÜDINGER's Angabe verhält sich Pseudes paradoxa wie Pipa.

1) Danach ist auch der Muskel von den hier behandelten Schultermuskeln auszuschliessen und zu den Zungenbeinmuskeln u. s. w. zu rechnen. Da aber die Beziehungen zu dem Brustgürtel und Arm sehr innig sind, da ferner bisher über seine Deutung wenig Klarheit herrschte, wurde er hier behandelt.

Ast den N. descendens (3_1) abgiebt. Dass dieser N. descendens wirklich dem Hauptstamme des N. spinalis II. bei den übrigen Anuren entspricht, wurde schon oben (S. 183) nachgewiesen.

10. Abdomini-scapularis.

Vergleiche Theil I. S. 303. No. 8.

Depressor abdominalis scapulae: ZENKER (No. 99. 100).
Portio omo-abdominalis m. obliqui abdominis externi: KLEIN, ECKER (No. 29b), RÜDINGER.

Verschieden kräftige Partie des M. obliquus abdominis externus, die an dem Hinterrande der Scapula inserirt. Bei Pipa und Dactylethra fehlt der Muskel vollkommen, bei allen andern untersuchten Batrachiern ist er in geringerer (Rana, Ceratophrys, Kalohyla) oder grösserer Ausdehnung und Selbstständigkeit (Tomopterna, Breviceps, Bufo, Trachycephalus, Phyllomedusa) ausgebildet. Die Insertion findet meist am oberen Viertel des Hinterrandes der Scapula, seltener an dem Gelenktheil derselben (Bufo, Kalohyla), noch seltener an dem unteren hinteren Ende des Suprascapulare (Trachycephalus) statt. Bei Breviceps ist der Muskel von dem ausserordentlich entwickelten bis nach dem Hinterkopfe nach vorn erstreckten M. obliquus abdominis externus bedeckt.

Innervirt durch den N. thoracicus inferior IV. (10).

11. Pectoralis.

Vergleiche Theil I. S. 304. No. 9.

a) Portio abdominalis:
Brachio-abdominalis: ZENKER (No. 109. 110. Tab. I. Fig. 2. No. 11).
Obliquus abdominis externus: MAYER.
Hinterer Theil des grossen Brustmuskels: MECKEL (No. 8).
Pars humero-abdominalis m. pectoralis: KLEIN.
P. abdominalis m. pectoralis: ECKER (No. 52e).
P. posterior s. abdominalis m. pectoralis majoris: RÜDINGER.

b) Portio sternalis[1]:
P. inferior sublimis m. pectoralis (majoris): ZENKER (No. 107. 108. Tab. I. Fig. 2. No. 10).
Vorderer Theil des grossen Brustmuskels z. Th.: MECKEL (No. 8).
P. sternalis m. pectoralis z. Th.: KLEIN.
P. sternalis posterior m. pectoralis: ECKER (No. 52b).
P. sternalis media m. pectoralis majoris: RÜDINGER.

c) Portio epicoracoidea (coracoidea):
P. media m. pectoralis (majoris): ZENKER (No. 107. 108. Tab. I. Fig. 2. No. 8).
Vorderer Theil des grossen Brustmuskels z. Th. MECKEL (No. 8).
P. sternalis m. pectoralis z. Th.: KLEIN.
P. sternalis anterior m. pectoralis: ECKER (No. 52a).
P. sternalis anterior m. pectoralis majoris: RÜDINGER.

Mächtige namentlich in die Breite ausgedehnte Muskelmasse, die in mehr oder minder getrennten Partien in der Regel von der Bauchfläche, dem Sternum und den angrenzenden Theilen des Brustgürtels (Coracoid, Epicoracoid) entspringt und mit convergenten Fasern zu dem Oberarm geht. Die hinterste Partie, P. abdominalis, ist constant zu unterscheiden von den vorderen, P. sternalis und epicoracoidea (coracoidea), die ihrerseits wieder in den verschiedensten Graden der Selbstständigkeit sowohl von einander als auch von den anliegenden Muskeln differenzirt sind.

a) Pars abdominalis m. pectoralis. Grösste Portion des M. pectoralis, die bei der Mehrzahl der untersuchten Batrachier im Wesentlichen der entsprechenden Bildung von Rana und Bufo gleicht. Bei Pipa hingegen unterscheidet sich der Muskel beträchtlich von den übrigen. Er stellt hier eine ausserordentlich breite und mächtige Muskellage vor, die nicht allein von der Aponeurose des M. obliquus abdominis externus, sondern auch von dem Schambeine und, gemeinsam mit dem M. obliquus abdominis internus, von den proximalen fünf Sechsteln des Femur entspringt und mit nach vorn und aussen verlaufenden und etwas convergirenden Fasern nach dem Processus lateralis des Humerus geht, wo er inserirt, nachdem er sich mit der P. sterno-coracoidea und mit dem M. mylo-pectori-humeralis verbunden hat. Er ist an sei-

1) MAYER unterscheidet bei Pipa einen mittleren und hinteren Brustmuskel, doch ist die Beschreibung zu ungenau, um einen Vergleich der Nomenklatur zu gestatten [illegible] -äsentirt die Hauptmasse dieser Theile nicht den Pectoralis, [illegible] racoideus.

nem hinteren Theile von einer schmalen und sehr dünnen oberflächlichen Schicht des M. obliquus abdominis externus[1]) bedeckt, die seine Fasern nahezu im rechten Winkel kreuzt, und deckt seinerseits wieder die Hauptmasse des sehr dünnen M. obliquus abdominis externus, die innig mit seiner Innenfläche verwachsen ist; lateral ist er von dem M. latissimus dorsi nur durch einen sehr schmalen Zwischenraum getrennt[2]). Eine sehnige Verbindung der beiden Pectorales abdominales in der Gegend des Sternums existirt nicht[3]). Dactylethra, bei der der Muskelursprung noch bis zur Weichengegend zu verfolgen ist, giebt den Uebergang zu den opisthoglossen Batrachiern, wo der Muskel lediglich von der Bauchfläche entspringt. Bei diesen stellt die P. abdominalis einen bei Weitem schwächeren Muskel als bei Pipa dar, dessen laterale Grenze stets weit von dem Latissimus entfernt ist, der mit seiner Hauptmasse von der Aponeurose des M. obliquus externus, resp. der ersten oder den beiden ersten Inscriptiones tendineae des M. rectus in der Nähe des Sternums entspringt und der an dem Processus lateralis humeri gemeinsam mit der Pars epicoracoidea (coracoidea) inserirt. Eine besondere Differenzirung bietet Trachycephalus dar, indem hier ausser der normal entwickelten P. abdominalis noch ein schmales laterales Muskelbündel existirt, das parallel ihrem Aussenrande zu dem distalen Fünftel des Humerus verläuft, wo es medial vom M. acromio-humeralis inserirt.

b) uud c) Pars sternalis und epicoracoidea (coracoidea) m. pectoralis. Verschieden kräftige, stets der P. abdominalis an Masse nachstehende Portion, die entweder eine homogene Muskelausbreitung darstellt, die von dem Sternum und der Verbindung der beiden Coracoide entspringt und von den vor ihr gelegenen Muskeln nicht zu trennen ist (Engystoma, Kalohyla), oder einen bestimmt differenzirten selbstständigen Muskel darstellt, P. sterno-coracoidea (Pipa, Dactylethra) oder deutlich in

1) Von Mayer (S. 534) zuerst beschrieben: „Die aufsteigenden Faserbündel dieses Muskels (Pectoralis s. obliquus externus Mayer's) werden unten am Abdomen durch Querbündel gedeckt", aber nicht gedeutet. Von Klein richtig als oberflächliche Theile des M. obliquus abdominis externus erkannt.

2) Klein behauptet, dass er sich an den Latissimus dorsi anlege; ich fand immer einen kleinen Zwischenraum zwischen beiden.

3) Meckel und Klein beschreiben eine sehnige Verbindung der beiden Pp. abdominales; diese gehört aber nicht dem M. pectoralis, sondern dem M. obliquus abdominis externus an.

zwei Portionen zerfallen ist, deren vordere, P. epicoracoidea (coracoidea), von dem Epicoracoid oder dem Medialrande des Coracoids und deren hintere, P. sternalis, von dem Sternum entspringt (übrige untersuchte Batrachier). Bei Engystoma stellt der Muskel den hinteren von dem N. pectoralis versorgten und nur künstlich von dem vorderen trennbaren Theil des breiten oberflächlichen ventralen Muskels dar, welcher von dem medialen Theile der vorderen Hälfte des Sternums und von dem medialen Rande des Coracoid kommt und mit convergirenden Fasern an den proximalen Theil des Processus lateralis humeri geht. Bei Kalohyla sind die Verhältnisse denen bei Engystoma sehr ähnlich, doch ist eine Trennung zwischen P. sternalis und coracoidea bereits angedeutet, während hingegen P. coracoidea m. pectoralis und M. supracoracoideus anticus eine homogene Schicht darstellen. Eine andere Differenzirungsrichtung ist eingeschlagen bei Pipa und Dactylethra. Hier ist die Pars sterno-coracoidea m. pectoralis durch einen kleinen, am Ursprunge sehr selbstständigen Muskel repräsentirt, der von dem Rande des Sternums, im Bereiche seines mittleren Drittels ungefähr, und von dem angrenzenden Abschnitte des Knorpeltheils des Coracoid kommt und mit schlanker Sehne sich mit der P. abdominalis m. pectoralis verbindet, um mit ihr an dem Processus lateralis humeri zu inseriren [1]). Bei den übrigen Batrachiern ist die Scheidung in zwei selbstständige Partien, eine Pars sternalis und ein Pars epicoracoidea (coracoidea) vollkommen; erstere kommt von dem vordern Theile des Sternums, letztere entspringt entweder von dem medialen Rande des Coracoids und dem Epicoracoid (Rana, Tomopterna [2]), Bufo) oder blos von ersterem (Ceratophrys, Breviceps, Trachycephalus; im ersteren Falle ist die Portion P. epicoracoidea, im letzteren P. coracoidea zu benennen. In Bezug auf das gegenseitige Verhalten der Ursprünge der rechten und linken P. epicoracoidea (coracoidea) ist zu bemerken, dass bei den Batrachiern,

---

1) Von MECKEL (S. 182) als ein Pipa eigenthümlicher Muskel aufgefasst. Diese Angabe beruht auf einem Irrthum, indem zu dem Systeme des Supracoracoideus gehörige Theile als die beiden vorderen Portionen des Pectoralis angesehen werden, so dass dann der echte Pectoralis sterno-coracoideus als ein überflüssiger Muskel erscheint. Von KLEIN ebenfalls als eine besondere „vierte Portion" des Pectoralis gedeutet.

2) Bemerkenswerth ist, dass auch bei Tomopterna ähnlich wie bei Kalohyla der Pectoralis epicoracoideus mit dem Supracoracoideus anticus vereinigt ist.

wo das linke Coracoid ventral vom rechten liegt (Ceratophrys. Tomopterna, Trachycephalus), die rechte Pars epicoracoidea lediglich vom rechten und die linke lediglich vom linken Epicoracoid (Coracoid) entspringt, während hingegen bei den Batrachiern, wo das rechte Coracoid ventral vom linken liegt (Phyllomedusa, Bufo) die rechte P. epicoracoidea lediglich vom rechten Epicoracoid, die linke hingegen von der Aussenfläche des linken und zugleich von der Innenfläche des rechten Epicoracoids ihren Ursprung nimmt. Die Insertion der Pars epicoracoidea findet in der Regel proximal von der P. abdominalis am Processus lateralis, die der P. sternalis medial vom Processus lateralis an der Beugefläche des Humerus statt: zwischen beiden verläuft die Sehne des M. coraco-radialis proprius [1]).

Innervirt durch den N. pectoralis (19).

Durch die gegenseitigen Beziehungen der Pars abdominalis einerseits und der Pars sterno-coracoidea anderseits tritt der Pectoralis der Anuren in eine nähere Verwandtschaft zu den höchsten Formen der Urodelen, bei denen auch eine beginnende Differenzirung in zwei Theile, eine P. abdominalis und sternalis, constatirt werden kann. Die weitere Ausbildung von Theilen, die zu dem Brustgürtel in feste Verbindung treten, und die Differenzirung der P. sternocoracoidea in die P. sternalis und P. epicoracoidea (coracoidea) ist eine den Anuren eigenthümliche Weiterentwickelung der bei den Urodelen nur angedeuteten Beziehungen [2]). Die Ausbildung der P. abdominalis von Pipa, namentlich was den Ursprung anlangt, repräsentirt eine ganz einseitige Differenzirung. die weiter keine Anschlüsse gestattet und daher von keiner wesentlichen vergleichend-anatomischen Bedeutung ist. — Mehr Beachtung verdient die Bildung des am Ende des Humerus inserirenden Bündels bei Trachycephalus. — Von wesentlichem Gewichte ist die bei den niedersten Formen, am reinsten bei Engystoma, zur Be-

1) Abweichungen bieten z. B. Tomopterna und Trachycephalus dar. Bei ersterer inserirt die P. sternalis theils am Processus lateralis, theils an der Bandbrücke, die über die Sehne des M. coraco-radialis proprius ausgespannt ist, theils medial von derselben; bei letzterer findet die Insertion der Hauptsache nach am Processus lateralis statt, nur ein kleiner Sehnenzipfel geht medial von der genannten Bandbrücke an den Humerus.

2) Eine lockere Verbindung mit dem Bindegewebe auf dem Brustgürtel wurde schon bei einzelnen Urodelen beobachtet. Vergl. Theil I. S. 268 und Mivart, Notes on the Myology of Menopoma Alleghaniense and Menobranchus lateralis. Proc. Zool. Soc. of London 1869. S. 264 f. und S. 458 f.

obachtung kommende Vereinigung des vorderen Theiles des Pectoralis mit dem Supracoracoideus zu einem einzigeu Muskel, der nur nach Art der Innervirung durch zwei verschiedene Nerven, N. pectoralis und supracoracoideus, künstlich geschieden werden kann. Ob dieses Verhältniss als ursprüngliches aufzufassen ist, in welchem Falle der genannte Muskel bei Engystoma den niedrigsten Entwickelungszustand unter allen pentadactylen Wirbelthieren repräsentiren würde, oder ob es nur als eine secundäre Vereinigung von ursprünglich differenzirteren Bildungen angesehen werden muss, dürfte erst zu entscheiden sein, wenn die Entwickelung der Muskeln von Engystoma bekannt ist.

12. Supracoracoideus [1]).

a) Supracoracoideus anticus:
Theil des Brustmuskels: MECKEL.
b) Supracoracoideus medius [2]):
Mittlerer oberflächlicher Brustmuskel (?): MAYER.
Vorderer Bauch des Brustmuskels von Pipa: MECKEL.
c) Supracoracoideus posticus:
Hinterer oberflächlicher Brustmuskel (?): MAYER.
Zweiter und dritter Bauch des Brustmuskels von Pipa: MECKEL.
Portio accessoria m. pectoralis (?): KLEIN.

Eine nicht allen Anuren zukommende Muskelbildung, die in zwei von einander ganz verschiedenen Hauptformen entwickelt ist. Die eine findet sich bei Pipa und Dactylethra: Der Supracoracoideus wird hier durch zwei Muskeln, Supracoracoideus posticus und medius, repräsentirt, die von einem am Hinterrande des M. coraco-radialis proprius verlaufenden Zweige des N. supracoracoideus innervirt werden; die andere kommt bei Ceratophrys, Tomopterna, Breviceps, Engystoma, Trachycephalus und Kalohyla [3]) zur Beobachtung: der Supracoracoideus stellt hier einen Muskel, Supracoracoideus anticus, dar, der von einem vor dem M. coraco-radialis proprius verlaufenden Zweig des N. supracoracoideus versorgt wird.

1) In Theil I. nicht angeführt, da er bei Rana esculenta und Bufo cinereus fehlt.

2) Von KLEIN nicht beschrieben.

3) Phyllomedusa konnte auf diese Beziehungen hin nicht untersucht werden, da an dem zur Verfügung stehenden Exemplare der Muskel bereits abpräparirt war.

Supracoracoideus posticus. Mittelgrosser Muskel, der bei Dactylethra lediglich von dem Coracoid kommt, bei Pipa von diesem und dem vordersten Theile des seitlichen Sternalrandes, und zwar mit 2 Köpfen entspringt, von denen der längere von dem Sternum und dem medialen Rande des Knorpeltheils des Coracoids, der kürzere von der Mitte des knöchernen Coracoids seinen Ausgang nimmt. Seine Endsehne vereint sich mit dem M. pectoralis und geht gemeinschaftlich mit diesem zu dem Processus lateralis humeri. Der Muskel wird hinten begrenzt von dem M. pectoralis sternocoracoideus, der bei Dactylethra grösser, bei Pipa kleiner ist als er. Die Trennung von diesem Muskel ist bei Dactylethra nur wenig angedeutet, bei Pipa hingegen bestimmt ausgesprochen; bei letzterer schiebt sich zwischen beide die Aponeurose des M. mylo-pectori-humeralis.

Supracoracoideus medius. Dünne Muskelausbreitung, welche von dem M. supracoracoideus posticus durch einen breiten Spalt getrennt ist und den mittlern Theil des M. coraco-radialis proprius deckt. Sie entspringt von dem Epicoracoid (Pipa) oder dem Ligamentum epicoracoideum (Dactylethra) und geht mit convergirenden Fasern zum proximalen Theile des Processus lateralis humeri.

Supracoracoideus anticus. Ziemlich breiter aber dünner Muskel, der den grösseren vorderen Theil des M. coraco-radialis proprius deckt. Er entspringt entweder von dem Epicoracoid (Ceratophrys, Tomopterna, Breviceps, Trachycephalus) oder, wenn dieses fehlt, von dem medialen Rande des Coracoid (Engystoma, Kalohyla) und inserirt theils an der Lateralkante des Processus lateralis humeri, theils mit einigen vorderen Fasern distal von diesem am Humerus; letztere Fasern sind in der Regel mit dem M. episternocleido-acromio-humeralis verbunden, nur bei Engystoma existirt eine vollkommene Selbstständigkeit beider Muskeln. Der Hinterrand des Supracoracoideus anticus grenzt an die Pars epicoracoidea (coracoidea) m. pectoralis entweder unmittelbar an (Tomopterna, Breviceps, Engystoma, Kalohyla) oder er ist durch einen breiten Spalt von ihr getrennt (Ceratophrys, Trachycephalus); im ersteren Falle existirt nur bei Breviceps eine deutliche Scheidung beider Muskeln, während bei Tomopterna, Kalohyla und namentlich bei Engystoma beide eine vollkommen homogene Schicht bilden, die nur durch ihre Innervirung durch zwei Nerven als Complex von zwei Metameren (Myokommata) erkannt wird.

Innervirt durch einen hintersten (N. supracoracoideus posti-

cus und medius 13_{11}) oder einen mehr vorderen Zweig des N. supracoracoideus (N. supracoracoideus anticus 13).

Der Muskel kann wegen seiner Innervirung durch den vor dem Coracoid verlaufenden N. supracoracoideus nicht zum System des Pectoralis gehören, sondern ist unzweifelhaft ein M. supracoracoideus. Eine directere Homologie mit dem gleichnamigen Muskel der Urodelen ist jedoch nur für den M. supracoracoideus anticus anzunehmen. Bei den Urodelen bildet von den beiden von dem hinteren Aste des N. supracoracoideus innervirten Muskeln der M. supracoracoideus die oberflächliche und vordere von einem mehr vorderen Zweige versorgte Hauptmasse, während der M. coraco-radialis proprius nur die tiefere und hintere, viel kleinere Partie ausmacht, die zugleich durch ein hinterstes Zweigchen des N. supracoracoideus innervirt wird. Bei den Anuren ist das Grössenverhältniss zwischen beiden Muskeln ein ganz anderes. Während der M. coraco-radialis proprius einen der stärksten Muskeln der vorderen Extremität repräsentirt, bildet der M. supracoracoideus anticus nur eine kleine dünne bei einigen (Rana, Bufo) sogar ganz verkümmerte Muskelschicht dar, die auf der Aussenfläche des vorderen Theiles des M. coraco-radialis proprius liegt und nicht wie bei den Urodelen von der Aussenfläche des Coracoids, sondern (da diese von andern Muskelursprüngen eingenommen ist) von dem medialen Rande des Coracoids oder von dem Epicoracoid entspringt. So sehr aber auch beide Muskeln bei Urodelen und Anuren sich in ihren Grössenverhältnissen und in ihrem Ursprunge unterscheiden, so stimmen sie doch in ihrer gegenseitigen Lage und in dem Verlaufe ihrer Nerven — der Supracoracoideus wird bei beiden durch einen mehr vorderen, der Coraco-radialis proprius durch einen mehr hinteren Zweig versorgt — vollkommen überein. Wesentlich verschieden hingegen sind die Beziehungen der Pipa und Dactylethra eigenthümlichen Mm. supracoracoidei medius und posticus: sowohl ihre Lage zu dem vor ihnen befindlichen M. coraco-radialis proprius wie ihre Innervirung durch einen hintersten Zweig des N. supracoracoideus — während der M. coraco-radialis proprius durch einen mehr vorderen Zweig versorgt wird —, verbietet ohne Weiteres eine nähere Vergleichung und veranlasst, in beiden Muskeln den Aglossa eigenthümliche besondere Differenzirungen des Supracoracoideus zu erkennen. — Die Beziehungen zu dem Pectoralis anlangend, die bei Dactylethra, Tomopterna, Kalohyla und namentlich Engystoma sehr innige sind, ist auf die Besprechung des Pectoralis (S. 203) zu verweisen. Be-

achtenswerth ist die bei der Mehrzahl der Anuren (abgesehen von Engystoma) sich findende Vereinigung mit Theilen des M. episterno-cleido-humeralis, sowie die ziemlich weit distal erstreckte Insertion einzelner mit diesem verbundener Fasern.

13. Coraco-radialis proprius.

(Vergleiche Theil I. S. 807. No. 10).

Grösserer tieferer Brustmuskel: Mayer.
Sterno-radialis: Zenker (No. 115. 116), Klein, Ecker (No. 54).
Vorderarmbeuger, zweibäuchiger Vorderarmmuskel: Meckel (No. 1).
Sterno-radialis s. biceps brachii: Rüdinger.

Kräftiger Muskel, der bei Pipa und Dactylethra am stärksten, bei Engystoma und Kalohyla am schwächsten entwickelt ist. Er entspringt vom Brustgürtel und geht in der Gegend des Schultergelenks in eine kräftige Sehne über, die am Anfange des Vorderarms inserirt. Je nach der Ausbildung des Brustgürtels variirt sein Ursprung in mannigfacher Weise: der Muskel entspringt entweder blos von dem medialen Theile des Coracoids mit Ausnahme des vom M. supracoracoideus und M. pectoralis coracoideus eingenommenen medialsten Theiles (Kalohyla) oder von dem Coracoid und vorn etwas darüber hinausragend von einer Sehneneinschaltung, die ihn mit dem der Gegenseite verbindet (Engystoma) oder von dem medialen Theile der Clavicula, vom Epicoracoid und von dem medialen Theile des vorderen Randes des Coracoids (Dactylethra, Tomopterna, Breviceps, Trachycepalus) oder nur von dem medialen Theile der Clavicula und dem Epicoracoid (Pipa, Ceratophrys, Bufo). Die Sehne verläuft erst zwischen (oder unter) dem M. pectoralis abdominalis und epicoracoideus (coracoideus) und dem M. pectoralis sternalis, an dem Humerus durch eine Bandbrücke befestigt und durchdringt dann den M. episternocleido-acromio-humeralis derart in schräger Richtung, dass der am meisten distal inserirende Theil dieses Muskels medial von der Sehne zu liegen kommt[1]).

Innervirt durch den N. coraco-radialis proprius (13 der opisthoglossen Anuren, 13_1 von Pipa).

---

1) Bei Engystoma durchdringt der Coraco-radialis proprius den Acromiohumeralis nahezu in querer Richtung derart, dass er fast in derselben Höhe wie er eingetreten an dem lateralen Rande dieses Muskels wieder austritt.

Der Muskel entspricht dem gleichnamigen der Urodelen, wie schon Theil I. (S. 307) nachgewiesen worden. Auch die dort nicht erwähnten Beziehungen zu dem M. supracoracoideus anticus stimmen mit denen bei den Urodelen im Wesentlichen überein.

14. Coraco-brachialis longus.

Vergleiche Theil I. S. 307. No. 11.

Pars inferior profunda m. pectoralis (majoris) Zenker (No. 107. 108. Tab. I. Fig. 2. n. 19).
Einwärtszieher od. Hakenarmmuskel: Meckel (No. 5).
Coracohumeralis: Klein, Ecker (No. 53).
Coracobrachialis proprius: Rüdinger.

Schmaler und ziemlich langer Muskel, der bei den opisthoglossen Anuren von dem Coracoide entspringt und an der Beugeseite des Humerus ungefähr in dessen Mitte inserirt. An seinem Ursprungstheile liegt er hinter dem M. coraco-brachialis brevis, von ihm durch einen Zweig des N. pectoralis getrennt, der den M. pectoralis epicoracoideus (coracoideus) innervirt; sein Insertionstheil schiebt sich zwischen M. acromio-humeralis und M. anconaeus humeralis medialis ein und liegt nach vorn von dem N. brachialis longus inferior. Der in der Regel muskulöse Ursprung[1]) beschränkt sich meist auf das mediale Drittel des Hinterrands des Coracoids, er greift aber auch auf das Sternum (Rana, Engystoma, Kalohyla) oder auf die Aussenfläche der hinteren Hälfte des Coracoid über (Trachycephalus, Phyllomedusa). Die Insertion findet meist in dem Bereiche des dritten Fünftels des Oberarms statt, seltener im Bereiche des dritten Viertels (Tomopterna) oder des vierten und fünften Sechstels desselben (Breviceps). Eine Verschmelzung mit dem M. coracobrachialis brevis wurde nur bei Engystoma beobachtet. Bei den aglossen Anuren entspringt der Muskel von dem lateralen Ende des Coracoids, im Bereiche von dessen Hinterrande und Innenfläche in geringerer (Pipa) oder grösserer Ausdehnung (Dactylethra) und geht an das mittlere Drittel des Humerus. Er liegt vor dem N. pectoralis epicoracoideus und hinter dem N. brachialis longus inferior; durch letzteren wird er von dem M. acromio-humeralis getrennt.

Innervirt durch den N. coracobrachialis (22 der opisthoglossen Anuren, 22_1 von Pipa).

1) Bei Trachycephalus entspringt der Muskel sehnig.

Der Muskel ist ein Homologon des gleichnamigen der Urodelen, und zwar charakterisirt die Bildung bei den Aglossa eine ganz directe Homologie mit jenen, während die bei den Opisthoglossa rücksichtlich des Ursprungs, der Insertion und Beziehung zu den anliegenden Nerven eine etwas abweichende Differenzirung darbietet.

15. Coraco-brachialis brevis.

Vergleiche Theil I. S. 308. No. 12.

Pronator brachii: Zenker (No. 111. 112).
Unterschulterblattmuskel, Subscapularis: Meckel (No. 6), Ecker (No. 50), Rüdinger.
Adductor humeri: Klein.

Kräftiger und in der Regel kurzer Muskel, der in sehr verschiedener Weise von dem Coracoid entspringt und meist an dem proximalen Theile des Humerus inserirt. Nach Art seines Ursprunges ist er bei den Einen ein M. coracobrachialis brevis externus, bei den Andern ein M. coracobrachialis brevis posterior, bei den Dritten ein M. coracobrachialis brevis internus.

Der M. coraco-brachialis brevis externus findet sich bei Pipa und Dactylethra. Er stellt hier einen breiten und ziemlich kräftigen Muskel dar, der von dem Coracoid im Bereiche des medialen Viertels seines Knochentheils und des angrenzenden Knorpeltheils entspringt uud zu dem Humerus geht, wo er mit einigen vorderen Bündeln in der Rinne für die Sehne des M. coraco-radialis proprius und zwar in der Höhe der Insertion des M. pectoralis inserirt, mit seiner hinteren Hauptmasse dagegen etwas proximaler an dem Processus medialis gerade vor dem Anfange der Insertion des M. acromio-humeralis sich ansetzt. Der Muskel ist vorn von dem M. supracoracoideus posticus, hinten von dem M. pectoralis sterno-coracoideus bedeckt.

Der M. coraco-brachialis brevis posterior findet sich bei Breviceps, den Hylina und Hylaplesina als ein kräftiger von dem Hinterrande der lateralen Hälfte des Coracoids (Trachycephalus, Phyllomedusa), oder ausserdem auch von dem angrenzenden Saume der Aussenfläche desselben (Breviceps) oder von dem Hinterrande der lateralen drei Fünftel des Coracoids und den unteren zwei Dritteln der Scapula (Kalohyla) entspringender Muskel, der im Bereiche der proximalen Hälfte der Beugefläche des Humerus mit Ausnahme des Anfangs derselben sich inserirt; bei Trachycephalus

sowie bei Breviceps greift die Insertion noch weiter distal an den Humerus herunter.

Der M. coraco-brachialis brevis internus kommt bei den Ranina, Engystoma und Bufo vor und zeigt im Wesentlichen die schon früher (Theil I. S. 308) beschriebene Anordnung. Bei Engystoma ist er mit dem M. coraco-brachialis longus verwachsen.

Innervirt durch den N. coracobrachialis (22).

Bemerkenswerth ist die Vielgestaltigkeit des Ursprungs dieses Muskels, ein Verhalten, das bei keiner andern Ordnung der Wirbelthiere in solcher Entwickelung sich wiederfindet. Die Homologie mit dem Coraco-brachialis brevis der Urodelen wird namentlich durch die beiden ersten Formen vermittelt, während die dritte als eine den Batrachiern (und Cheloniern) eigenthümliche aufzufassen ist, deren Entstehung aus der zweiten aber sich leicht erklärt.

16. Episterno-cleido-acromio-humeralis [1]).

Vergleiche Theil I. S. 309. No. 13.

a) Episterno-cleido-humeralis longus:
Primum caput m. deltoidei e. p. und
Pars superior m. pectoralis (majoris): Zenker (No. 105. 106 und No. 107. 108 Tab. I. Fig. 2. No. 7).
Vorderer Bauch des Vorwärtsziehers oder Hebers des Oberarms (Deltoideus): Meckel (No. 1).
Cleido-humeralis: Klein.
P. clavicularis m. deltoidei: Ecker (No. 55_b).
Mediale Portion des Deltoideus: Rüdinger.

b) Cleido-humeralis brevis.
Alterum caput m. deltoidei (?): Zenker (No. 105. 106).
Humero-clavicularis: Klein.

c) Acromio-humeralis.
Primum caput m. deltoidei e. p.: Zenker (No. 105. 106).
Hinterer Bauch des Vorwärtsziehers oder Hebers des Oberarms (Deltoideus): Meckel (No. 1).
Deltoideus: Klein.
P. scapularis m. deltoidei: Ecker (No. 55_a).
Laterale Portion des Deltoideus: Rüdinger.

Ein bei den verschiedenen Anuren sehr verschiedenartig zusammengesetzter Muskelcomplex, der entweder von Episternum,

1) Der in Theil I. angeführte M. episterno-cleido-acromio-humeralis begreift in sich auch den M. scapulo-humeralis profundus anterior, der mit ihm bei Rana vollständig verwachsen ist.

Clavicula und Acromion (Ceratophrys, Rana, Breviceps, Bufo guttatus, Trachycephalus) oder nur von Clavicula und Acromion (Pipa, Dactylethra, Tomopterna, Bufo cinereus) oder nur von Episternum und Acromion (Kalohyla) oder nur von letzterem (Engystoma) entspringt und an den Humerus geht, wo er in einer langen von der Streckfläche des Processus lateralis bis nahezu zum distalen Ende des Humerus erstreckten Linie inserirt. Die einzelnen ihn zusammensetzenden Muskeln sind ein M. episterno-cleido-humeralis longus, ein M. cleido-humeralis brevis und ein M. acromio-humeralis.

a) M. episterno-cleido-humeralis longus[1]). Ziemlich langer oberflächlicher Muskel, der von dem Episternum und dem medialen Theile der Clavicula[2]) (M. episterno-cleido-humeralis longus, bei Ceratophrys, Breviceps, Bufo guttatus, Trachycephalus) oder blos von dem Episternum (M. episterno-humeralis[3]), bei Rana und Kalohyla) oder blos von dem medialen Theile der Clavicula (M. cleido-humeralis longus, bei Tomopterna[4]) und Bufo cinereus) entspringt und an den Humerus geht, indem einige tiefere Bündel gemeinsam mit dem M. cleido-humeralis brevis an dem Processus lateralis sich ansetzen, die Hauptmasse hingegen mit dem M. acromio-humeralis verbunden distal von dem Processus lateralis an der Lateral- und Beugefläche des Humerus inserirt, wobei sie von der Sehne des M. coraco-radialis proprius durchbohrt wird. Der Muskel ist in der Regel am lateralen Abschnitte mit dem hinter ihm liegenden M. supracoracoideus anticus verbunden, hingegen von dem M. cleido-humeralis brevis ausser an der Insertion deutlich getrennt; nur bei Trachycephalus kommt eine vollkommene Vereinigung beider zur Beobachtung. Bei Ceratophrys, namentlich aber bei Breviceps grenzt der Muskel mit seinem vordersten Theile an den Hinterrand des bei diesen auch am Episternum inserirenden M. mylohyoideus an[5]).

1) Entspricht dem in Theil I. als Caput episternale s. episterno-humeralis bezeichneten Abschnitte.

2) Der Ursprung an der Clavicula ist am beträchtlichsten bei Breviceps, wo die ganze mediale Hälfte der Aussenfläche derselben eingenommen ist, weit geringer bei den andern, wo der Muskel meist nur von dem medialen Ende des Vorderrandes der Clavicula entspringt.

3) Breiter Muskel bei Rana, schmaler Muskel bei Kalohyla.

4) Der Mangel eines episternalen Ursprungs bei Tomopterna ist auffallend, da hier ein ganz deutliches Episternum existirt.

5) Dieses Verhalten des M. mylohyoideus ist von Bedeutung. Die innige Beziehung dieses zum Systeme der Constrictoren der Visceralbogen gehörigen Muskels zu dem Brustgürtel, speciell zu dem Episternum dürfte als

b) M. cleido-humeralis brevis. Kleiner von dem vorigen und dem Vorderrande des M. coraco-radialis proprius bedeckter Muskel, der von dem lateralen Theile der Aussenfläche der Clavicula zu dem Processus lateralis humeri geht, wo er gemeinsam mit der tieferen Partie des M. episterno-cleido-humeralis longus inserirt; bei Trachycephalus ist er vollkommen mit diesem verwachsen. Er fehlt bei Pipa, Dactylethra, Breviceps, Engystoma und Kalohyla; bei Pipa und Dactylethra wird er durch die ziemlich weit auf die Clavicula erstreckten Bündel des M. acromio-humeralis, bei Breviceps theilweise durch den lateralen Theil des M. episterno-cleido-humeralis longus ersetzt; Engystoma und Kalohyla geht wegen Mangels der Clavicula jede homologe Bildung ab.

c) M. acromio-humeralis (Deltoideus e. p.). Kräftiger und bei allen Anuren ziemlich gleichmässig ausgebildeter Muskel, der von dem Acromion, bei Pipa und Dactylethra auch von der lateralen Hälfte der Clavicula resp. des Procoracoids, entspringt und an dem Humerus von dem Processus lateralis an bis nahe zu dessen distalem Ende inserirt; bei Dactylethra gehen einzelne Bündel auch an den Anfang des Vorderarms. Der Ursprung beschränkt sich entweder auf den Vorderrand des Acromion[1]) (Trachycephalus, Breviceps, Engystoma, Phyllomedusa und Kalohyla)

ein neuer Beweis für die Homodynamie des Brustgürtels mit den Kiemenbogen gelten, freilich erst dann, wenn nachgewiesen ist, dass die betreffenden Bildungen von Ceratophrys und Breviceps primäre, ererbte, und nicht secundäre, durch einseitige Anpassung erworbene sind. Das Episternum selbst würde dann als Homodynam einer Kiemenbogen-Copula anzusehen sein, deren vorderer Kiemenbogen verkümmert ist, deren hinterer durch den Brustgürtel repräsentirt wird. Die angeführte Beziehung bedarf jedoch, wie schon erwähnt, noch des Beweises und möchte ich sie zunächst nur als Hypothese, als hingeworfene Frage angesehen wissen, die mit Kritik und Vorsicht zu prüfen und zu beantworten ist. Ein gewichtiger Grund dagegen wird z. B. gegeben durch die Beziehung der ventralen Längsmuskulatur des Halses. Dieselbe liegt bei den Anuren an der Innenseite des Episternums ohne mit ihm in irgend welcher Beziehung zu stehen, bei den Fischen hingegen liegt sie an der Aussenseite der Copulae und tritt mit ihnen in innigste Beziehungen, Beziehungen die auch bei dem von Siebold (Observationes quaedam de Salamandris et Tritonibus. Diss. inaug. Berolini 1828. S. 17) bei Salamandra maculata zuerst beschriebenen und von ihm als Ossiculum thyreoideum bezeichneten Rudiment einer Visceralcopula sich erhalten haben.

1) Der hier als Acromion bezeichnete Skelettheil ist nicht blos lediglich von dem unteren Ende der Scapula, sondern auch von dem lateralen Ende der Clavicula resp. des Procoracoids oder Coracoids (Engystoma, Kalohyla) gebildet.

oder er greift auch auf dessen Innenfläche über (Rana, Ceratophrys, Tomopterna) oder er erstreckt sich auch auf die laterale Hälfte der Clavicula (Dactylethra) oder der Clavicula und des vorderen Saums der Aussenfläche des Procoracoid (Pipa); in diesem letzten Falle ist der Muskel füglich als M. cleido-acromio-humeralis zu bezeichnen. Bei Engystoma und Kalohyla bilden die von dem scapularen Theile und die von dem coracoidalen Theile des Acromions entspringenden Partien zwei gesonderte Muskeln. Der Muskel deckt den M. scapulo-humeralis profundus anterior, mit dem er meist mehr oder minder vereinigt ist. Eine theilweise Verwachsung mit der medial an ihn angrenzenden Sehne der vereinigten Mm. latissimus dorsi und dorsalis scapulae findet statt bei Ceratophrys, Rana, Trachycephalus und Phyllomedusa. An seinem distalen Theile wird er derart von der Sehne des M. coraco-radialis proprius durchsetzt, dass die distale Hauptmasse medial von dieser Sehne zu liegen kommt.

Innervirt durch Aeste des N. supracoracoideus (14) (M. episterno-cleido-humeralis longus und cleido-humeralis brevis) und des N. dorsalis scapulae (30) (M. episterno-cleido-humeralis longus z. Th. und acromio-humeralis).

Der Muskel ist, wie schon in Theil I. erwähnt, ein Homologon des Procoraco-humeralis der Urodelen. Bemerkenswerth ist die bei Dactylethra zur Beobachtung kommende Insertion einzelner Fasern am Vorderarm.

17. Dorso-humeralis (Latissimus dorsi).

Vergleiche Theil I. S. 310. No. 14.

Depressor brachii: Zenker (No. 85. 86).
Breiter Rückenmuskel, Latissimus dorsi: Meckel (No. 4), Klein, Ecker (No. 42), Rüdinger.

Sehr verschieden grosser Muskel bei den einzelnen Anuren, der von dem Rücken nach dem Oberarme geht, wo er mit der Sehne des M. dorsalis scapulae verbunden an der Streckseite neben dem Processus lateralis inserirt. Die Dicke des Muskels ist in der Regel eine geringe, die Breite zeigt ausserordentliche Differenzen: der Muskel ist auffallend breit bei Dactylethra, mittelbreit bei Pipa, ziemlich schmal bei Rana, Breviceps, Engystoma, Trachycephalus, Phyllomedusa, sehr schmal bei Ceratophrys, Tomopterna, Bufo guttatus und Kalohyla. Der Ursprung findet bei Dactylethra statt an der Rückenfascie im Bereiche aller Wirbel, von dem Os

ilei und der die Weichengegend einnehmenden Fascie, bei Pipa nur an der hinteren Hälfte des sehr breiten Processus transversus des letzten Wirbels und der den M. obliquus abdominis externus deckenden Fascie, bei Ceratophrys, Tomopterna, Bufo, Trachycephalus, Phyllomedusa und Kalohyla von den Querfortsätzen vorderer Wirbel allein oder von diesen und der anliegenden Rückenfascie, bei Rana, Breviceps und Engystoma von den Processus spinosi [1]). Der Muskel verbindet sich früher oder später mit dem M. dorsalis scapulae und schiebt sich gemeinsam mit demselben mit seinem Insertionstheile zwischen die distalen Abschnitte des M. acromio-humeralis und scapulo-humeralis profundus anterior ein. In der Regel ist er mit seinem unteren Rande weit von dem M. pectoralis abdominalis entfernt; nur bei Dactylethra und namentlich bei Pipa wurde eine Annäherung an dessen lateralen Rand beoachtet [2]).

Innervirt durch den N. latissimus dorsi (34).

Der Muskel ist, wie bereits in Theil I. nachgewiesen worden, ein unzweifelhaftes Homologon des Latissimus dorsi. Bemerkenswerth ist die grosse Variabilität seines Ursprunges, der entweder auf die ganze Rückengegend (Dactylethra) oder nur auf den hintersten (Pipa) oder den vordersten Theil derselben (opisthoglosse Batrachier) ausgedehnt ist. In dieser Beziehung repräsentiren Pipa und die Opisthoglossa die beiden Endpunkte zweier ganz verschiedenen Entwickelungsreihen, deren Anfänge mit Hilfe des vermittelnden Gliedes von Dactylethra in ähnlichen Bildungen zu suchen sind, wie sie bei den Urodeln noch jetzt existiren. Pipa zeigt in seinem Ursprunge die einseitigste Entwickelung, denn der Latissimus dorsi ist nach Art seiner Innervation und seiner Insertion ein Muskel, dessen Bildungsstätte nicht im Bereiche hinterer, sondern vielmehr vorderer (oder wenigstens mittlerer) Rumpfmetameren zu suchen ist.

---

1) Die mannigfachen Differenzen sind unwesentlich. Ein Ursprung in der Höhe des 1. bis 3. Wirbels wurde beobachtet bei Ceratophrys, in der Höhe des 2. und 3. Wirbels bei Phyllomedusa, in der Höhe des 2. bis 4. Wirbels bei Tomopterna, Breviceps, Engystoma, Trachycephalus, in der Höhe des 3. und 4. Wirbels bei Kalohyla, in der Höhe des 4. Wirbels bei Bufo guttatus.

2) Eine Verbindung mit dem M. pectoralis abdominalis, wie Klein behauptet, existirt nicht. Zwischen beiden sieht man deutlich Fasern des M. obliquus abdominis externus zu Tage treten.

18. Dorsalis scapulae.

Vergleiche Theil I. S. 312. Nr. 15.

Scapularis: ZENKER (No. 85. 86).
Auswärtsroller oder äusserer Schulterblattmuskel: MECKEL (No. 2).
Scapularis (Supra- und Infraspinatus): KLEIN.
Infraspinatus (Intraspinatus, Teres minor und major): ECKER (No. 51).
Supra- u. Infraspinatus: RÜDINGER.

Kräftiger Muskel, der von der Aussenfläche und mitunter dem Vorderrande des Suprascapulare entspringt und mit nach unten convergirenden Fasern in eine Sehne übergeht, die sich mit der des M. latissimus dorsi verbindet und gemeinsam mit ihr, sich zwischen den Mm. acromio-humeralis und scapulo-humeralis profundus anterior einschiebend [1]), an den Humerus geht, wo sie neben dem Processus lateralis an der Streckfläche inserirt. Der Muskel stellt in der Regel eine homogene Masse dar; nur bei Pipa, Tomopterna und Trachycephalus ist an dem Ursprunge eine Trennung in einen vorderen und hinteren Theil mehr oder weniger deutlich ausgedrückt [2]): der schmälere vordere entspringt von dem Vorderrande (mit Ausnahme von Trachycephalus), der breitere hintere von der Aussenfläche des Suprascapulare. Die Breite des Muskels variirt nach der Breite des Suprascapulare; demnach ist der Muskel z. B. sehr breit bei Dactylethra, sehr schmal bei Breviceps. Der Ursprung findet entweder nur an der Aussenfläche des Suprascapulare mit Ausnahme des oberen Saumes (Breviceps [3]), Hylina und Hylaplesina) oder von dieser und dem Vorderrande des Suprascapulare statt (Pipa, Dactylethra, Tomopterna, Engystoma, Bufo); bei Ceratophrys greift er auch auf den Vorderrand des obern

1) Bei Tomopterna und Kalohyla liegt diese Sehne distal von dem hier sehr kurzen M. scapulo-humeralis profundus anterior.

2) Diese Trennung ist bei Pipa und Tomopterna am ausgesprochensten, bei Trachycephalus nur durch einen kleinen Einschnitt am oberen Rande gekennzeichnet, bei Phyllomedusa und Bufo existirt nur eine ganz leise Andeutung von diesem Einschnitte, den übrigen Anuren fehlt jede Spur desselben. Die von KLEIN bei Rana beschriebene Theilung möchte ich als eine künstliche ansehen über Cystignathus und Hyla fehlt mir jede Erfahrung. RÜDINGER leugnet mit Unrecht die schon von MECKEL ganz richtig angegebene Trennung bei Pipa.

3) Bei Breviceps ist nur der hintere Theil des Suprascapulare von dem Ursprunge des Dorsalis scapulae eingenommen.

Drittels der Scapula über. Eine theilweise Vereinigung der Endsehne des Muskels mit dem M. acromio-humeralis findet sich bei Rana, Ceratophrys, Trachycephalus und Phyllomedusa.

Innervirt durch einen oder zwei Nn. dorsales scapulae (30, 31).

Dass der Muskel ebenso wenig ein Supra- und Infraspinatus, wie ein Teres major ist, dass vielmehr nur eine Vergleichung mit dem Deltoideus und Teres minor zulässig ist, wurde schon im ersten Theil nachgeweisen. Die bei einzelnen Anuren existirende Trennung des Muskels in einen vorderen und hinteren Theil ist nur als eine einseitige den Anuren eigenthümliche Differenzirung aufzufassen und darf nicht zu einer Identificirung des vorderen Theiles mit Elementen des Deltoideus und des hinteren Theiles mit Elementen des Teres minor verleiten. Gegen die Annahme einer solchen Homologie spricht vor Allem, die annähernd parallele Anordnung der Fasern beider bei den Anuren, während bei den Säugethieren die Fasern des mehr distal inserirenden Deltoideus die des mehr proximal sich anheftenden Teres minor unter einem nicht sehr stumpfen Winkel kreuzen.

19. Scapulo-humeralis profundus anterior[1]).

Kleiner von dem M. acromio-humeralis und dem N. dorsalis scapulae bedeckter und in der Regel mit ersterem mehr oder weniger verbundener Muskel, der von dem Vorderrande des unteren Drittels oder der unteren Hälfte der Scapula (scapularer Theil des Acromion) entspringt und medial[2]) von der Sehne der vereinigten Mm. latissimus dorsi und dorsalis scapulae, durch dieselbe auch von dem M. acromio-humeralis getrennt, an der Streckseite

1) Bei Rana mit dem M. acromio-humeralis zu einem Muskel verwachsen und darum im ersten Theile nicht als selbstständiger Muskel angeführt. MECKEL erwähnt ihn auch nicht als besonderen Muskel, giebt aber (S. 278) an, dass bei Rana der hintere Bauch des M. deltoideus aus dreien, einem oberflächlichen und zwei tieferen, bestehe, die sich dicht neben einander an die äussere Oberfläche und den vorderen Rand des ganzen Oberarmbeins setzen. Diese tiefen Theile entsprechen wahrscheinlich dem Scapulo-humeralis profundus anterior. KLEIN und ECKER scheinen den Muskel nicht zu unterscheiden, wenn nicht des Ersteren Omo-humeralis von Pipa identisch mit ihm ist. RÜDINGER beschreibt sehr genau die Scheidung der lateralen Portion des Deltoideus in eine oberflächliche und tiefe Schicht', fasst aber letztere nur als Theil des Deltoideus auf.

2) Ausgenommen sind Tomopterna und Kalohyla, wo der Muskel proximal von dieser Sehne inserirt.

des Humerus inserirt; die tiefsten Fasern stehen auch mit der Kapsel des Schultergelenks in Beziehung. Bei Pipa, Dactylethra und Breviceps existirt der Muskel als ganz selbstständige Bildung, bei Ceratophrys, Engystoma, Bufo guttatus, Trachycephalus und Phyllomedusa bildet sein vorderer (Ursprungs-)Theil mit den tieferen Partien des M. acromio-humeralis eine homogene Masse, während nur der hintere (Insertions-)Theil Selbstständigkeit hat, bei Rana, Tomopterna und Kalohyla ist der Muskel in seiner Totalität untrennbar mit dem M. acromio-humeralis verbunden; im letzteren Falle deutet (abgesehen von der noch bei Rana beide trennenden Sehne des M. dorsalis scapulae) nur der sich zwischen beide einschiebende N. dorsalis scapulae die ursprüngliche Selbstständigkeit des Muskels an.

Innervirt durch einen Ast des N. dorsalis scapulae (30).

Die Deutung dieses Muskels unterliegt Schwierigkeiten. Es können zwei Möglichkeiten angenommen werden: der Muskel ist entweder nur ein Theil des Acromio-humeralis (Deltoideus) oder er ist ein besonderer Muskel, der mit diesem keine nähere Beziehung hat. Für die erste Möglichkeit spricht seine bei der Mehrzahl der Anuren bestehende theilweise oder vollkommene Verwachsung mit dem Acromio-humeralis; danach wäre der Muskel entweder als ein durch die Sehne der vereinten Latissimus dorsi und Dorsalis scapulae von der Hauptmasse des Deltoideus abgetrenntes tieferes Bündel aufzufassen oder als ein Complex von aberrirenden Fasern, die eine besondere Insertion (medial von der erwähnten Sehne) gefunden haben. Gegen Beides sprechen hingegen die generellen Bedenken, die überhaupt gegen die Annahme einer Variirung der Insertionstheile an dem sonst wenig variabeln Humerus erhoben werden müssen, falls nicht für eine solche Annahme eine genügende Erklärung gefunden werden kann. Diese fehlt im vorliegenden Falle vollkommen: es ist weder zu erklären, warum die Sehne des Latissimus dorsi und Dorsalis scapulae, die bei sämmtlichen Wirbelthieren medial vom Deltoideus inserirt, bei den Anuren gerade sich zwischen die Bündel dieses Muskels einschieben sollte, noch zu begründen, warum der Deltoideus an seiner Insertion sich von selbst in zwei Zipfel spalten sollte, von denen der eine medial an der Latissimussehne vorbeiläuft. Damit muss die erst angenommene Möglichkeit fallen; es bleibt somit nur die zweite, den Muskel als eine dem Deltoideus fremde Bildung aufzufassen. Dafür spricht die in den meisten Fällen (ausser bei Rana, Tomopterna und Kalohyla) existirende

deutliche Trennung seiner Insertionstheile von denen des Acromiohumeralis[1]), die mediale Lage derselben von der Sehne des Latissimus dorsi, wie schon erwähnt, und endlich die Lage des Muskels zu dem N. dorsalis scapulae, der sich zwischen ihn und den Acromio-humeralis einschiebt. Letzterer Umstand, die Lage unter dem N. dorsalis scapulae schliesst auch eine Homologie mit dem Teres major oder Teres minor aus, die beide über oder hinter dem N. dorsalis scapulae (axillaris) liegen, und würde nur eine Vergleichung mit Bildungen erlauben, die dem Subscapularis nahe stehen. Gegen eine Homologie mit diesem spricht jedoch der Ursprung an dem Vorderrande der Scapula und namentlich die lateral vom M. anconaeus stattfindende Insertion. Der Muskel ist demnach als eine besondere Bildung anzusprechen, die sowohl den Urodelen, wie dem Menschen abgeht.

20. Scapulo-humeralis profundus posterior[2]).

Ausserordentlich kleiner, bei einigen Anuren nur mikroskopisch erkennbarer Muskel, der von dem Hinterrande des glenoidalen Theiles der Scapula entspringt, direct über die Kapsel des Schultergelenks hinweg geht und zwischen dem Caput humerale laterale und scapulare mediale des M. anconaeus an dem proximalen Theile der Streckfläche des Humerus inserirt. Er liegt unter dem N. dorsalis scapulae und lateral neben dem N. radialis. Bei Pipa, Dactylethra, Ceratophrys, Kalohyla, Trachycephalus und Phyllomedusa, namentlich bei den beiden letzteren ist der Muskel deutlich erkennbar, bei Rana, Breviceps und Bufo nur mikroskopisch nachzuweisen, bei Tomopterna und Engystoma fehlt er vollständig.

Innervirt durch den N. scapulo-humeralis profundus posterior (29).

Der Muskel bietet nur mit dem Teres major und dem Subscapularis Vergleichungspunkte dar; eine Homologie mit dem ersteren wird durch seine Lage zu dem N. dorsalis scapulae ausgeschlossen, eine Vergleichung mit dem letzteren durch die Beziehungen zu dem N. radialis und M. anconaeus scapularis medialis beeinträchtigt. Da aber der M. anconaeus scapularis überhaupt als eine sehr variable Bildung sich zeigt, so ist das letztere

1) Auf die Trennung oder Vereinigung der Muskelinsertion ist, wie längst bekannt, ein viel grösseres Gewicht zu legen als auf die Ursprünge derselben.

2) In Theil I. nicht angeführt, auch, soweit mir bekannt, von keinem früheren Beobachter beschrieben.

Bedenken von wenig Bedeutung und eine, allerdings nur ganz entfernte, Homologie mit dem Subscapularis gestattet, ein specielles Homologon fehlt ebenso wohl den Urodelen wie den Säugethieren.

21. Subscapularis [1]).

Nur bei Breviceps beobachteter kurzer aber ziemlich kräftiger Muskel, der von der hinteren Circumferenz der unteren Hälfte der Scapula entspringt und medial an dem M. anconaeus scapularis medialis vorbei nach dem wenig ausgebildeten Processus medialis humeri geht, wo er gemeinsam mit dem M. coraco-brachialis brevis internus inserirt.

Innervirt durch den N. subscapularis.

Der Muskel ist ein Homologon des gleichnamigen Muskels der Urodelen. Neu sind seine (übrigens bei den Cheloniern sich wiederfindenden) Beziehungen zu dem M. coraco-brachialis brevis internus.

22. Anconaeus.

Vergleiche Theil I. S. 313. No. 16.

Anconaeus, Triceps: Zenker (No. 113. 114), Meckel (No. 6), Klein, Ecker (No. 50), Rüdinger.

Kräftiger Muskelcomplex, der mit getrennten Köpfen von dem glenoidalen Theile der Scapula und der Streckfläche des Humerus entspringt und an dem proximalen Ende des ulnaren Theiles des Antebrachium inserirt. Bei Pipa trägt die Endsehne ein Sehnenbein (Patella ulnaris) [2]). Die Muskel ist sehr ansehnlich entwickelt bei den Aglossa, Ranina und Bufonina (mit Ausnahme von Engystoma), schwächer ausgebildet bei den Hylina und Hylaplesina.

a) Anconaeus scapularis medialis. Sehr selbstständiger scapularer Kopf des Anconaeus, der allenthalben medial von der Sehne des M. latissimus dorsi und dem N. radialis liegt und namentlich bei den Aglossa (besonders bei Pipa) eine ausserordentliche Entwickelung zeigt.

b) Anconaeus humeralis lateralis. Bei den Aglossa selbstständiger, aber wenig grosser, bei den Opisthoglossa gröss-

---

1) Bisher noch nicht bekannt.

2) Dieses Sehnenbein ist schon von Meckel und Klein ganz richtig beschrieben worden.

tentheils mit den anderen humeralen Köpfen verbundener, aber kräftiger Kopf, der von dem lateralen Abschnitte der Streckfläche des Humerus entspringt.

c) und d) Anconaeus humeralis medialis und brevis. Zwei in der Regel mit einander vereinigte Köpfe, die von dem medialen Abschnitte und der Mitte der Streckfläche des Humerus entspringen.

Innervirt durch Rr. musculares des N. radialis (36).

Ueber die Deutung des Muskels gilt das in Theil I. S. 314 Gesagte.

Cap. III.

Schildkröten.

(Chelonia).

§. 7.

Brustgürtel und Humerus [1]).

(Vergleiche Taf. V. Fig. 48 und Taf. VI. Fig. 56.)

Der Brustgürtel der Schildkröten ist dem der Anuren ähnlich, zeigt aber im Vergleiche zu den höher entwickelten Formen

1) Literatur:

BLUMENBACH, Handbuch der vergleichenden Anatomie. 1. Aufl. Göttingen 1805. S. 97.

CUVIER, Leçons d'anatomie comparée. 1. éd. Tome. I. Paris 1807.

CARUS, Lehrbuch d. Zootomie. 1. Aufl. Leipzig 1818. S. 213.

BOJANUS, Anatome testudinis europaeae. Vilnae 1819—21.

CUVIER, Recherches sur les ossemens fossiles. 2. éd. Paris 1821—24. Tome IV. S. 210 f.

OKEN, Bestimmung des Brustgerüstes, Schultergerüstes, der Schulterblattstücke des Beckens. Isis 1823. Literaturanzeiger. S. 446, Taf. XVI u. XVII.

MOHRING, Diss. inaug. sistens descriptionem Trionychos aegyptiaci osteologicam. Berolini 1824. S. 23—26.

MECKEL a. a. O. II. 1. S. 422 f. S. 442 f. S. 450.

BLUMENBACH, Handbuch der vergleichenden Anatomie. 2. Aufl. Göttingen 1824. S. 102.

ANONYMUS (BOJANUS), Ueber das Schultergerüste der Schildkröte und die daran sitzenden Muskeln. Isis 1827. S. 428 f. Tab. V. u. VI.

OKEN, Versuch einer Deutung der Schultermuskeln der Schildkröte. Isis 1827. S. 456 f.

CARUS, Lehrbuch d. vergleichenden Zootomie. 2. Aufl. Bd. I. Leipzig 1834. S. 165 f.

derselben eine geringere Differenzirung. Durch Bildung eines kräftiger schützenden Hautskelets, das ihn functionell zum Theil ersetzt, ist eine grössere und mannigfaltigere Entwickelung gehemmt worden. Der dorsale Abschnitt wird gebildet durch die Scapula (5) [1]), den schmälsten Knochen des Brustgürtels. Sie ist

---

Cuvier, Leçons d'anatomie comparée. 2. éd. par M. Duméril. Tome I. Paris 1835. S. 251, S. 360, S. 389.

Peters, Observationes ad Anatomiam Cheloniorum, diss. inaug. Berolini 1838 und Ueber die Bildung des Schildkrötenskelets. Müller's Archiv f. Anatomie, Physiologie u. wissenschaftliche Medicin. Berlin 1839. S. 290 f. Taf. XIV.

Rathke, Ueber die Entwickelung d. Schildkröten. Braunschweig 1848. S. 122 f. S. 136 f.

Owen, On the development and Homologies of the Carapace and Plastron of the Chelonian Reptiles. Philosoph. Transact. of the Royal Soc. of London. For the Year 1849. Part I. London 1849. S. 151 f.

Pfeiffer, Zur vergleichenden Anatomie der Schultergerüstes und d. Schultermuskeln der Säugethiere, Vögel und Amphilien. Inauguralabhandlung. Giessen 1854. S. 33 f.

Stannius a. a. O. S. 75 f.

Gegenbaur, Schultergürtel d. Wirbelthiere. Leipzig 1865. S. 35 f. Tab. III. Fig. 2. 3.

Owen, On the Anatomy of Vertebrata. Vol. I. London 1866. p. 171 f.

Rüdinger a. a. O. S. 40 f.

Parker a. a. O. S. 153 f. Plate XII.

Gegenbaur, Grundzüge der vergleichenden Anatomie. 2. Aufl. Leipzig 1870. S. 680.

Huxley, Handbuch der Anatomie der Wirbelthiere. Uebersetzt v. F. Ratzel. Breslau 1873.

Gray, On the Original Form, Development, and Cohaesion of the Bones of the Sternum of Chelonians. Annals and Magazin of Natural History. LXIII. March 1873. London 1873. S. 161 f. Plates IV—VI.

Rütimeyer, Die fossilen Schildkröten von Solothurn und der übrigeu Juraformation. Zürich 1873.

Die drei ersten Bücher, sowie Mohring, kenne ich nur aus Pfeiffer's und Gegenbaur's Citaten.

1) Die einzelnen Theile des Brustgürtels sind z. Th. unter Annahme der wunderlichsten Lageveränderungen und Verdrehungen in der mannigfaltigsten Weise bezeichnet worden. Selbst die Scapula, deren wahre Natur gar nicht verkannt werden kann, hat die verschiedensten Namen erhalten: Clavicula, Schlüsselbein: Blumenbach, Cuvier (Leçons 1. éd.). — Pars verticalis claviculae: Bojanus. — Scapula, Omoplate, Schulterblatt: Carus, Cuvier (Recherches, Leçons 2. éd.), Oken, Rudolphi, Rathke, Pfeiffer, Stannius, Gegenbaur, Owen, Rüdinger, Parker, Huxley. — Scapula superior s. vertebralis: Mohring. — Zweites Stück der Schulter (Scapula inferior): Meckel. — Acromion: Anonymus. — Die Scapula von Breviceps unter den Anuren kommt der der Chelonier am nächsten.

im Verhältniss zu dem ventralen Abschnitte von verschiedener Länge [1]), besitzt eine nahezu cylindrische Gestalt und geht oben in ein meist mit Knochenkern versehenes Knorpelende (Suprascapulare (55) [2]) aus, das mitunter als selbstständiger Skelettheil abgelöst sein kann und durch Bandmasse mit dem Rückenschilde in der Gegend des 1. Rückenwirbels verbunden ist. Mit ihrem unteren Ende nimmt die Scapula Antheil an der Gelenkhöhle für den Humerus und ist mit den beiden Schenkeln des ventralen Abschnittes, mit dem vorderen beim erwachsenen Thiere ohne Grenze [3]), mit dem hinteren vermittelst Naht, verbunden. Ein Acromion [4]) fehlt den Cheloniern. Der ventrale Abschnitt besteht aus dem Procoracoid, Coracoid und Epicoracoid, die wie bei den Anuren eine weite Oeffnung umgrenzen. Das Procoracoid (Pc) [5]), der

1) Relativ am kürzesten ist die Scapula bei Sphargis und Chelone, wo sie von dem sehr ansehnlichen Coracoid beträchtlich an Länge übertroffen wird, etwas länger bei Trionyx, wo sie dem Coracoid ungefähr gleichkommt, am längsten bei Emys und namentlich bei Testudo, wo sie das Coracoid an Länge übertrifft.

2) Os triquetrum: Bojanus. — Os surscapulaire, Suprascapulare, Suprascapula: Cuvier (Recherches, Leçons 2. éd.), Rathke, Pfeiffer, Gegenbaur, Parker. Nach Cuvier's Untersuchungen zuweilen mit mehreren Knochenkernen. Meckel's Vergleichung der vordersten Randplatte des Rückenschildes (Nackenplatte Rathke) mit dem Suprascapulare der Frösche ist längst widerlegt.

3) Beim Embryo findet sich in gleicher Weise wie zwischen dem hinteren Schenkel und der Scapula auch zwischen dieser und dem vorderen Schenkel eine Knorpelgrenze als Rest des ursprünglichen knorpeligen Zustandes des ganzen Brustgürtels.

4) Die Deutung des Procoracoids als Acromion, die namentlich von Cuvier, Oken, Rathke, Pfeiffer und Stannius befürwortet wurde, ist von Gegenbaur hinreichend zurückgewiesen worden.

5) Furcula: Cuvier (Leçons 1. éd.), Rudolphi, Mohring. — Schlüsselbein, Clavicula: Blumenbach, Carus, Meckel, Rüdinger. — Pars horizontalis claviculae: Bojanus. — Acromion oder Clavicula, Acromial or Clavicular Process: Cuvier (Recherches, Leçons 2. éd.), Owen. — Acromion, Processus acromialis: Oken, Rathke, Pfeiffer, Stannius. — Processus coracoideus: Anonymus. — Procoracoid, Praecoracoid: Gegenbaur, Parker, Huxley. — Sämmtliche früheren Deutungen sind von Gegenbaur in überzeugendster Weise widerlegt worden. Rüdinger hält trotzdem noch die Deutung als Clavicula aufrecht und begründet seine Ansicht durch folgenden Satz (S. 41): „Vergleiche ich den Schultergürtel der Schildkröte mit dem Beckengürtel desselben Thieres und mit dem Schultergürtel der ungeschwänzten Batrachier und der Vögel, so wird besonders auch wegen seiner Beziehungen zu dem Gelenktheil des Schulterblattes und zu den daran festsitzenden Muskeln, die Annahme unterstützt, dass man in dem vor-

vordere Schenkel des horizontalen Abschnittes, ist kürzer und dünner als die Scapula. An seinem medialen breiteren Ende, das dem der Gegenseite sehr nahe liegt ist es durch Band mit der vorderen unpaaren Platte oder wenn diese fehlt (Staurotypus) mit der entsprechenden der vorderen paarigen Platten des Plastrums verbunden, an seinem lateralen schmäleren Theile mittelst Naht mit dem Coracoid und ohne Naht mit der Scapula verwachsen. Die letzte feste Vereinigung giebt beiden Knochen eine innige Zusammengehörigkeit, die sich auch in der Anordnung der von ihnen entspringenden Muskeln kund giebt. Das Coracoid (C)[1]), der hintere Schenkel des ventralen Abschnittes und zugleich der breiteste Knochen des Brustgürtels, ist von der Scapula und dem Procoracoid, mit denen es die Gelenkhöhle für den Oberarm bildet, durch eine Knorpelnaht abgegrenzt. Medial, wo es wie das Procoracoid in einen Knorpelsaum übergeht, ragt es frei in die Leibeshöhle, ohne das Brustschild zu berühren. In der Regel ist es von dem der Gegenseite entfernt, nur bei Sphargis (von den untersuchten Thieren) schieben sich beide Ränder ein wenig übereinander, derart, dass das rechte Coracoid ventral zu liegen kommt.

---

deren horizontal gestellten Knochen das mit dem Schulterblatte verknöcherte Schlüsselbein vor sich hat." Dagegen lässt sich anführen, 1) dass im Beckengürtel keines Wirbelthieres ein metameres Homologon der Clavicula existirt (das Schambein ist höchstens dem Procoracoid homodynam), dass vielmehr die Clavicula eine dem Brustgürtel ganz eigenthümliche (secundäre Knochen-)Bildung ist, dass also, wenn man die, übrigens sehr unzuverlässige, Methode der Bestimmung der speciellen Homologien durch Homodyname wählt, dadurch gerade der Beweis gegeben wird, dass der betreffende Knochen keine Clavicula ist, 2) dass die Clavicula bei den Vögeln weder Antheil an der Bildung der Gelenkhöhle hat noch (abgesehen von mitunter secundär verknöcherten Bändern) mit der Scapula durch Knorpel oder Knochen vereinigt ist, dass sie vielmehr ein nur durch Band mit dem Schulterblatt und dem Coracoid verbundener, der Gelenkbildung ganz fremder Knochen ist, beides Beziehungen, wodurch sie sich principiell von dem Procoracoid der Chelonier unterscheidet, und 3) dass nicht einer der anhaftenden Muskeln die Deutung als Clavicula erheischt und dass überhaupt mit einer unkritischen Verwerthung der Muskeln für die Vergleichung der Knochen, wie das Bei spiel des Anonymus lehrt, auch die ungereimtesten Annahmen bewiesen werden können.

1) Schulterblatt, Scapula: Blumenbach, Cuvier (1. éd.), Bojanus, Anonymus. — Coracoid, Accessorisches Schlüsselbein: Carus, Cuvier (Recherches, Leçons 2. éd.), Meckel, Rathke, Pfeiffer, Stannius, Gegenbaur, Owen, Rüdinger, Parker, Huxley. — Clavicula: Rudolphi. — Scapula inferior s. humeralis: Mohring.

Das Epicoracoid der mediale Theil des ventralen Brustgürtelabschnittes, hat nicht die Selbstständigkeit wie bei der Mehrzahl der Batrachier [1]). Nur am vordern und hintern Ende, im Bereiche der medialen Enden des Procoracoids und Coracoids, ist es knorpelig, während sein mittlerer, beide Enden verbindender Theil durch ein kräftiges namentlich bei Trionyx breites Band (Ligamentum epicoracoideum (LEc) [2]) ersetzt wird, das unmittelbar in die Knorpelenden übergeht.

Eine Clavicula existirt nicht bei den Cheloniern [3]).

1) Dactylethra unter den Batrachiern kommt den Cheloniern sehr nahe, indem auch hier das Epicoracoid grösstentheils durch Bandmasse ersetzt ist.

2) Ligamentum acromio-coracoidale: STANNIUS. — GEGENBAUR hat zuerst und allein auf die Bedeutung dieses Bandes aufmerksam gemacht und in ihm ein Homologon des Epicoracoid nachgewiesen.

3) Claviculäre Bildungen sind von den Autoren bald in dem vorderen Schenkel des Brustgürtels (Procoracoid) bald in dem Brustschilde gefunden worden. Ganz abgesehen von der längst widerlegten Deutung des gesammten Procoracoid als Clavicula ist auch die Annahme, die in dem vorderen Schenkel eine Verschmelzung von Homologen der Clavicula und des Procoracoid (ähnlich wie bei den Anuren) erblickt, nicht aufrecht zu halten, da die Verknöcherung dieses Theiles nicht wie bei den Anuren sich derart einleitet, dass eine ventrale selbstständig, ekchondrostotisch, sich entwickelnde Knochenplatte (Clavicula) vorn und unten dem ursprünglich knorpeligen vorderen Schenkel (Procoracoid) sich auflagert, sondern da sie in der ganzen Circumferenz des Knorpels beginnt und von da von allen Seiten nach innen weiter fortschreitet. Die anhaftenden Muskeln geben keine Entscheidung. Im Brustschilde sind noch OKEN's und ANONYMUS' Vorgange neuerdings von PARKER die vorderen paarigen Knochenplatten als Homologe der Clavicula gedeutet worden. Gegen diese Ansicht, die übrigens nach Anordnung der adhärirenden Muskeln sowohl als nach Gestalt der Knochenplatten, welche in einem gewissen Stadium der Entwickelung mit den Schlüsselbeinen der Saurier einige Aehnlichkeit zeigen, manches für sich hat, spricht als gewichtiger Grund die Entwickelung. Nach RATHKE's Nachweisen bilden sich bei dem Schildkrötenembryo als erste Anlage des Plastrum neben einem nicht stets vorhandenen vorderen unpaaren Streifen zwei Paar symmetrische Knorpelleisten, von denen das eine vor, das andere hinter dem Nabel liegt. Aus diesen Leisten entwickeln sich nach Auftreten von je 2 Knochenpunkten in jeder nach und nach 8 Knochenplatten, die paarweise symmetrisch angeordnet sind und sich in verschiedener Weise differenziren. Das vorderste Paar (Episternal: OWEN, RÜTIMEYER; Epiplastron: HUXLEY) repräsentirt nach OKEN und PARKER die Clavicula, die drei anderen Paare (Fock, Steuer und Schwertknorpel: OKEN; Hyosternal, Hyposternal und Xiphisternal: OWEN, RÜTIMEYER [letzterer hat bei einigen Cheliden, wie Podocnemys, Peltocephalus, Pentonyx und vielleicht Sternothaerus noch ein viertes Plattenpaar zwischen den lateralen Theilen des Hyo- und Hyposternums beschrieben und abgebildet]; Postthoracical, Praeabdominal und Abdominal Plate: PARKER; Hyo- [illegible] lastron und Xiphiplastron: HUXLEY)

Brustbeingebilde fehlen als selbstständige Skelettheile allen Schildkröten. Ein Sternum[1]) ist noch nirgends gefunden worden, die Existenz eines Episternum[2]) noch nicht hinreichend bewiesen.

---

haben wie Parker mit Recht betont mit der Clavicula, überhaupt mit dem ganzen Brustgürtel und Brustbein nichts gemein. Da nun aber die weder mit dem Brustbeine noch mit dem Brustgürtel in näherer Beziehung stehende Postthoracicalplatte gemeinsam mit dem ersten Paare der Knochenplatten aus einem Knorpel sich entwickelt, so kann dieses zum Brustgürtel und Brustbein auch keine Beziehung haben und kann daher auch nicht mit der Clavicula identificirt werden, falls nicht der Begriff Clavicula auf alle Hautknochenbildungen im Bereiche der Brust und des Bauches ausgedehnt wird.

1) Alle früheren Deutungen, die das Brustschild (Plastrum) mit dem Sternum identificirten oder es als Vereinigung sternaler Elemente mit dem Hautskelet auffassten, sind durch die Untersuchungen Rathke's, der es als eine reine Hautskeletbildung erkannte, widerlegt worden. In gleicher Weise ist die auch später aufgestellte Ansicht Owen's, der im Plastrum ausser sternalen auch costale Bildungen (Haemapophysen) vermuthet, zu verwerfen. Rüdinger, der auf S. 40 behauptet, es sei durch Rathke's klassische Untersuchungen festgestellt worden, „dass die Schultergürtelknochen bei den Cheloniern, in Folge der Verschmelzung der Rippen mit der Wirbelsäule und dem Brustbeine zu dem Bauch- nnd Rückenschilde, eine von jener der übrigen Wirbelthiere abweichende Position zu dem Thorax, der Pleura und den Brusteingeweiden einnehmen“, scheint Rathke's Abhandlung, die auf Seite 128—131 in eingehendster Weise den Mangel jeglicher sternaler Bildungen im Plastrum begründet, sehr flüchtig gelesen zn haben. Die Arbeit von Gray, der das Plastrum bei einer grossen Anzahl von Cheloniern beschreibt und wiederum als Sternum reproducirt, hat keine vergleichend anatomische Bedeutung, sondern ist nur für die Systematik von Interesse; die übrigens palaeontologisch sehr bedeutungsvolle Abhandlung Rütimeyer's schliesst sich in der Deutung der Brustschildstücke an Owen an. — Von allen andern Beweisen abgesehen, ist schon der aus der Art des Ursprunges der Mm. pectoralis und deltoides entnommene schwer wiegend genug, um die Unmöglichkeit der Existenz sternaler Bildungen im Plastrum festzustellen. Wenn noch bei den Cheloniern ein Sternum gefunden werden sollte, so kann dieses (als kleines Rudiment) nur an der Innenfläche des M. pectoralis in der Nähe der medialen hinteren Winkel der Coracoide liegen.

2) Die Anwesenheit episternaler Bildungen im Plastrum ist abgesehen von den wenig bestimmten Angaben Oken's namentlich von Owen, Stannius und Parker betont worden, und zwar vergleichen alle drei Untersucher die (nach Stannius bei Staurotypus fehlende, auch bei Sphargis juv. nicht entwickelte) vordere unpaare Knochenplatte im Brustschilde mit dem Episternum (Episternal, Os episternale: Owen, Stannius; Interclavicle: Parker). Huxley hält eine Homologie dieses von ihm Entoplastron benannten Stückes mit der Interclavicula für wahrscheinlich. So lange die Entwickelung dieser Platte noch unbekannt ist (cf. Stannius a. a. O. S. 31 Anm. 1), kann diese Annahme ebenso wenig bewiesen als widerlegt werden.

Der Humerus (H) der Chelonier unterscheidet sich, abgesehen von seiner abweichenden Lage zum Brustgürtel[1]), von dem der Amphibien durch beträchtlichere relative Grösse[2]) und durch eine hervorragende Entwickelung seiner proximalen Muskelfortsätze, namentlich des Processus medialis, der stets den Pr. lateralis an Grösse überwiegt. Er stellt einen bei Chelone und Sphargis platten, bei den übrigen Schildkröten flach Sförmig gekrümmten kräftigen Knochen dar, dessen distales Ende verdickt ist. Der Kopf lenkt mit einer sphärischen Convexität in die Gelenkhöhle am Brustgürtel ein; distal von dem kurzen aber deutlichen Halse finden sich die sehr kräftigen Processus lateralis und medialis. Der Processus lateralis (PL)[3]), der kleinere von beiden, stellt einen kräftigen Knochenkamm dar, der in der Regel auf das proximale Viertel des Humerus beschränkt ist und lateralwärts und nach unten vorspringt. Bei Sphargis und Chelone ist er vertreten durch einen grösseren mehr beugig liegenden (Tuberculum m. supracoracoidei) und einen kleineren mehr streckig liegenden Höcker (Tuberculum m. deltoidei)[4]). Der Processus medialis (PM)[5]), der weit kräftiger und höher als der Pr. lateralis entwickelt ist, erstreckt sich über das proximale Drittel des Humerus und hat eine mediale Richtung. Beide Processus sind durch eine tiefe und weite Furche an der Beuge-

1) Diese durch den in besonderer Weise entwickelten Bandapparat zwischen Brustgürtel und Humerus bedingte abweichende Lage ist so bedeutend, dass die bei den übrigen höheren Wirbelthieren lateral liegenden Theile medial liegen und umgekehrt. Daraus erklären sich auch die falschen Bezeichnungen der Tubercula und Condylen bei den meisten Autoren. Auf den beigegebenen Abbildungen ist der Arm in einer (durch künstliche Gewalt erreichten) Lage abgezeichnet, welche der der übrigen Wirbelthiere entspricht. Die Abbildungen von Bojanus geben die natürliche verdrehte Lage wieder.

2) Bei Sphargis und Chelone ist die Grösse weniger bedeutend.

3) Tuber internum, Innerer Höcker, Inner tuberosity: Bojanus, Anonymus, Owen. — Vorderer oder unterer Höcker: Meckel. — La petite tuberosité, Tuberculum minus: Cuvier, Pfeiffer. — Tuberculum internum (s. majus), T. mediale (s. majus): Stannius, Rüdinger. — Von Stannius und Rüdinger ist eine (theilweise) Homologie mit dem Tuberculum majus des Menschen richtig erkannt worden.

4) Deltoid crest: Owen.

5) Tuber externum, äusserer Höcker, Outer tuberosity: Bojanus, Anonymus, Owen. — Hinterer oder oberer Höcker: Meckel. — La tuberosité interne: Cuvier. — Tuberculum majus: Pfeiffer. — Tuberculum externum s. posterius (s. minus), T. laterale (s. minus): Stannius, Rüdinger.

des Oberarms, die Fossa intertubercularis (F it)[1]), von einander getrennt. Ihr gegenüber liegt an der Streckseite die Linea m. latissimi dorsi. Gleich distal von den Processus ist der Humerus am schwächsten und wächst von hier aus nach dem hinteren Ende zu auf das zwei- bis dreifache dieser Stärke. Das breite distale Ende articulirt mit Radius und Ulna; den die Gelenkfläche begrenzenden Condylen, Condylus radialis (CR)[2]) und C. ulnaris (CU)[3]) gehen deutlich ausgeprägte Epicondylen ab.

§. 8.

Nerven für die Schultermuskeln[4]).

(Vergleiche Taf. IV[5]), Fig. 41 und 42.)

Die Muskeln der Schulter werden von dem R. accessorius n. vagi und in der Regel von den vier letzten Cervicalnerven versorgt.

I. R. accessorius n. vagi.

Von dem hinteren Theile der Medulla oblongata und von dem Anfange der Medulla spinalis bis zur Höhe des dritten oder

1) Gouttière bicipitale: Cuvier.

2) Condylus internus s. radialis, Inner Condyle: Bojanus, Owen. — Aeusserer Oberarmknorren, Condylus externus: Meckel, Stannius. — C. extensorius: Rüdinger.

3) Condylus externus s. ulnaris, Outer Condyle: Bojanus, Owen. — Innerer Oberarmknorren, Condylus internus: Meckel, Stannius. — C. flexorius: Rüdinger.

4) Literatur:

Bojanus a. a. O. S. 97 f. Taf. XXIII. (Nerven von Emys europaea; die Beschreibung der Kopfnerven ist weit besser als die des Plexus brachialis, die mannigfache Ungenauigkeiten darbietet).

Vogt, Beiträge zur Neurologie der Reptilien. Neufschatel 1840. S. 6 f. (Kopfnerven von Chelone Midas).

Bendz, Bidrag til den sammenlignende Anatomie of Nervus glossopharyngeus, vagus, accessorius Willisii og hypoglossus hos Reptilierne. Vid. Sel. naturvid. og mathem. Afh. X. Deel. S. 117 f. Tab. I. II. (Chelonia Midas, Testudo sp.).

Cuvier, 2. éd. par Duméril a. a. O. Tome III. S. 226, 234, 263. (Kurze Notiz über Vagus und Plexus brachialis der Chelonier).

Stannius a. a. O. S. 312 f. (Kopfnerven d. Chelonier).

Owen a. a. O. S. 312 f. (Wenig genaue Angaben über die Nerven von Chelone).

Für eigene Untersuchungen dienten Trionyx japonicus, Emys europaea und serrata, Chelonia tesselata. — Trionyx japonicus verdanke ich der Güte des Herrn Professor W. Peters.

5) Durch Versehen des Lithographen als Taf. VII. berzeichnet.

vierten Cervicalnerven entspringen eine Anzahl Nervenwurzeln (10—12), die sich zu einem dicht verflochtenen Nervenstamme vereinigen, der durch eine dünne Knochenbrücke vom N. glossopharyngeus getrennt durch das Foramen jugulare aus dem Schädel tritt und ein Homologon der vereinigten Nn. vagus et accessorius Willisii des Menschen darstellt[1]). Die von dem Rückenmarke kommenden und nach vorn durch das grosse Hinterhauptsloch verlaufenden Wurzeln entsprechen denen des N. accessorius der Säugethiere.

Gleich nach dem Austritte aus dem Schädel gibt dieser Nervenstamm einen feinen Ast, den R. accessorius[2]), ab, der nach hinten verläuft und in der Höhe des zweiten (Emys) oder dritten Wirbels (Testudo) mit ein oder zwei Zweigen in die Innenseite des M. capiti-plastralis eindringt, während sein Endtheil (nach Bojanus) mit dem 3. und 4. Cervicalnerven anastomosirt[3]). Bei Trionyx wurde vergebens nach dem R. accessorius gesucht[4]).

Wie bei den Amphibien ist der R. accessorius ein Homologon des R. externus n. accessorii des Menschen.

Die Hauptmasse des Vagus vertheilt sich in den Eingeweiden des Halses, der Brust und des Bauches, ohne mit der Schultermuskulatur in irgend welche Beziehungen zu treten.

II. Nn. spinales.

Von den fünf ersten Cervicalnerven steht keiner in Beziehung zur Muskulatur der Schulter[5]), während die ventralen Aeste des

1) Bojanus, Bendz u. Stannius unterscheiden einen besonderen N. accessorius Willisii vom N. vagus, obschon sie angeben, dass beide vollkommen verschmolzen sind.

2) Bojanus: R. muscularis n. accessorii ad m. sternomastoideum (r). — Von Bendy übersehen, von Vogt trotz genauen Nachsuchens (an einem schlecht erhaltenen Exemplare von Chelone Midas) nicht aufgefunden. Duméril (Cuvier) und Owen bezeichnen ihn als hinteren Ast des N. accessorius und geben fälschlich an, dass er überhaupt die Nackenmuskeln versorge. Stannius beschränkt gleich Bojanus seine Verbreitung mit Recht auf den Sternomastoideus.

3) Wohin das mit N. cervicalis III. und IV. verbundene Endtheil gelangt, giebt Bojanus nicht an. Wahrscheinlich ist die Innervirung des hinteren Theils des Capiti-plastralis durch dasselbe.

4) Das mir zu Gebote stehende Exemplar von Trionyx war klein und ziemlich lange in Spiritus gelegen; es ist darum leicht möglich, dass der Nerv übersehen wurde.

5) Eine Innervirung der hinteren Theile des M. capiti-plastralis durch einige der ersten Halsnerven ist möglich. Sie wurde aber weder von Bojanus noch von mir aufgefunden.

6., 7. und 8. (Trionyx japonicus) oder des 6., 7., 8. und 9. Spinalnerven (Emys europaea, punctata und serrata, Testudo tesselata), sich zum Plexus brachialis[1]) vereinigen, dessen Zweige die Schultermuskeln innerviren.

Der alleinige Antheil der hinteren Halsnerven an der Bildung des Plexus brachialis scheint einen wesentlichen Unterschied von den Verhältnissen bei den Amphibien zu bilden, bei denen sämmtliche Halsnerven nur mit Ausnahme des ersten den Plexus brachialis zusammensetzen. Diese Differenz ist aber, wie eine einfache Vergleichung der Amphibien und Schildkröten ergiebt, bedingt durch Verschiedenheiten, die ausserhalb des Plexus brachialis liegen. Bei den Amphibien wie bei den Cheloniern setzen drei bis vier Cervicalnerven den Plexus zusammen, ferner gehen z. B. der N. supracoracoideus in der Regel aus Theilen zweier, die Nn. brachiales longi aus Theilen zweier oder dreier bei beiden gleich liegender Nerven hervor. Es ist also der Plexus brachialis bei Amphibien und Schildkröten von einer im Wesentlichen gleich sich verhaltenden Anzahl von Spinalnerven zusammengesetzt, und ebenso sind die einzelnen aus ihm hervorgehenden Nerven in gleicher Weise gebildet: er ist also eine im Allgemeinen constante Bildung, in welcher der 2. Halsnerv der Amphibien dem 6. der Chelonier, der 3. Halsnerv der Amphibien dem 7. der Schildkröten u. s. w. entprechen. Die Differenz liegt also lediglich in der verschiedenen Anzahl der vor dem Plexus brachialis liegenden, mit ihm also in gar keiner Beziehung stehenden Cervicalnerven; bei den Amphibien beträgt diese 1, bei den Cheloniern 5; demnach sind bei den Cheloniern vier vordere Halsnerven mehr eingeschaltet[2]),

1) Nach Bojanus und Owen bilden die vier letzten, nach Duméril (Cuvier) nur die drei letzten Cervicalnerven den Plexus brachialis. Letztere Angabe ist falsch.

2) Diese Einschaltung von Nerven ist natürlich nicht als eine ganz unvermittelte Neubildung aufzufassen. Es muss vielmehr angenommen werden, dass ursprünglich nur eine ganz allmählige Spaltung eines Nervenstammes in mehrere Zweige durch sich dazwischen einschiebende Wirbel stattfand, mit der sich secundär eine Neubildung von weiteren Nervenelementen verband. Ueber die Art und Weise der Einschiebung von Wirbeln, die sich wahrscheinlich aus dem Bindegewebe zwischen zwei Wirbeln herausgebildet haben, lässt sich zur Zeit noch keine durch die Untersuchung bestätigte bestimmte Angabe machen.

ein Verhalten, das wiederum Folge der durch Anpassung bedingten Vermehrung der Wirbel im Halse der Chelonier ist[1]).

Ventraler Ast des N. spinalis VI. (*VI.*). Er vertheilt sich zum grössten Theile in der ventralen und hypaxonischen Halsmuskulatur und steht nur durch zwei oder drei kleine Zweige zu den Schultermuskeln in Beziehung. Ein oberes, nur bei Emys europaea bisher aufgefundenes (wahrscheinlich auch bei Sphargis und Chelone verhandenes) Aestchen, N. thoracicus superior VI. (anterior)[2]), geht gleich vom Ursprunge ab nach hinten und oben an den M. collo-scapularis (levator scapulae); ein unteres Aestchen, N. thoracicus anterior[3]) (3_a), wendet sich nach hinten zu der zwischen Scapula, Procoracoid und meist Anfang des Rückenschildes und der Halsfascie ausgespannten dünnen Muskelschicht (M. plastro-scapulo-procoracoideus (cu_1)); ein drittes Aestchen geht nach hinten und oben zum N. cervicalis VII., mit dem es sich früher (Testudo) oder später (Emys, Trionyx) zur Ansa cervicalis VI. verbindet. Bei Emys serrata spaltet sich das letztgenannte Aestchen gerade an der Trennung des N. cervicalis VII. in eine obere und untere Schicht in zwei Zweige, die sich mit diesen Schichten zur Ansa cervicalis VI. superior und inferior vereinigen.

Ventraler Ast des N. spinalis VII. (*VII.*). Er ist der zweitstärkste Stamm des Plexus brachialis, in den er mit seiner

1) Damit stimmen auch die Verhältnisse der übrigen Weichtheile des Halses, namentlich der ventralen Muskeln, des Vagus, der Trachea und des Oesophagus, überein, bei denen sämmtlich eine Verlängerung im Bereiche des Halses zu constatiren ist. Auch die Hautnerven des Halses verlaufen nicht quer zu den ihrem Ursprunge am nächsten liegenden Hautstrecken, sondern vielmehr nach vorn zu weiter vorn gelegenen. — Ziemlich verbreitet ist die Annahme, dass eine Vermehrung resp. Verminderung der Wirbelzahl immer durch Anfügung resp. Wegnahme von hinteren Wirbeln bedingt sei, während die vorderen ein constantes Verhalten darbieten. Diese Annahme, deren Wahrheit z. B. für die Schwanzwirbel nicht abgestritten werden kann, ist für die Halswirbel der Chelonier (und wie sich später zeigen wird, überhaupt der Reptilien und Vögel) nicht annehmbar, wo das Verhalten des Plexus brachialis klar genug beweist, dass gerade im Bereiche des vorderen Theils des Halses die Wirbelvermehrung eingetreten ist.

2) Homologon des N. thoracicus superior II. der Amphibien. — Von Bojanus als Surculus summus rami descendentis n. cervicalis VI. ad m. scalenum (68) aufgeführt.

3) Die Bedeutung dieses Nerven ist nicht ganz gewiss. Er ist deshalb auch mit dem indifferenten Namen N. thoracicus anterior (nicht zu verwechseln mit dem gleichbenannten Nerven des Menschen) bezeichnet.

Hauptmasse bis auf einzelne die hypaxonische Halsmuskulatur versorgende Zweige eingeht. Er theilt sich in drei Aeste, einen oberen, N. thoracicus superior VII., einen mittleren, R. superior, und einen unteren, R. inferior. Der N. thoracicus superior VII. (anterior) (7)[1]), der feinste Ast, zweigt sich entweder knapp vor der Trennung in den R. superior und inferior vom Stamme ab (Trionyx) oder erst nachher und dann vom R. superior ab (Emys, Testudo) und geht direct (Trionyx) oder erst nach Bildung einer Ansa mit dem N. thoracicus superior VIII. (9) (Emys) zu dem M. testo-scapularis (serratus) (*ts*). Die Trennung in einen R. superior und inferior geschieht entweder nach Bildung der Ansa cervicalis VI. (Testudo) oder in derselben Höhe (Emys europaea, Trionyx) oder vorher (Emys lutaris); im letzteren Falle kommt es zur Bildung einer Ansa cervicalis VI. superior und inferior. Der R. superior, der stärkste Ast des Nervenstammes, verbindet sich entweder in seiner Totalität mit dem R. superior n. cervicalis VIII. zur Ansa cervicalis superior VII. (Emys, Testudo) oder erst nach Abgabe der Nn. subscapularis, latissimus dorsi und dorsalis scapulae (Trionyx); im ersten Falle gehen die genannten Nerven erst von der Ansa (Testudo) oder nach Bildung derselben ab (Emys). Der R. inferior, der schwächere (namentlich bei Emys sehr feine) Ast, bildet entweder mit seiner ganzen Masse die Ansa cervicalis inferior VII. mit dem R. inferior n. cervicalis VIII. (Emys) oder er giebt vorher den N. supracoracoideus (12) allein (Testudo) oder den N. supracoracoideus (12) und den N. thoracicus inferior VII. (10) ab (Trionyx); in den beiden letzten Fällen, namentlich bei Testudo, geht er nur mit wenig Fasern in die Bildung der Ansa ein.

Ventraler Ast des N. spinalis VIII. (*VIII.*). Er ist entweder nur wenig stärker als der ventrale Ast des n. cervicalis VII. (Trionyx, Emys) oder übertrifft ihn bedeutend an Grösse (Testudo). Er theilt sich ebenso wie dieser in zwei oder drei Aeste, einen inconstanten N. thoracicus superior VIII., einen R. superior und einen R. inferior. Der sehr feine N. thoracicus superior VIII. (posterior) (9)[2]), der nur bei Emys gefunden wurde, zweigt sich gleich nach der Trennung in den R. superior und inferior von dem R. superior ab und geht, nachdem er sich mit dem N. tho-

1) Homologon des N. thoracicus superior III. der Amphibien. — Bisher von den Untersuchern übersehen.

2) Von Bojanus nicht beschrieben und abgebildet. Er entspricht dem N. thoracicus superior IV. der Amphibien.

racicus superior VII. verbunden, zu dem M. testo-scapularis (serratus) (*ts*). Der mittelstarke R. superior verbindet sich mit dem R. superior n. cervicalis VII. zur Ansa cervicalis superior VII. Der kräftigere R. inferior, der auch in 2 Zweige gespalten sein kann (Emys serrata), giebt entweder den N. thoracicus inferior VIII. erst ab, bevor er mit dem R. inferior n. cervicalis VII. die Ansa cervicalis inferior VII. bildet (Testudo, Trionyx), oder er geht mit seiner ganzen Masse in die Ansa ein, wo dann der genannte Nerv erst nacher sich abzweigt.

Ventraler Ast des N. spinalis IX. (*IX.*). Er vertheilt sich theils an die hypaxonische Rumpfmuskulatur und an das Rücken- und Bauchschild in der Höhe des ersten Brustwirbels, theils geht er Beziehungen zur vorderen Extremität ein. Eine Betheiligung am Plexus brachialis existirt bei Testudo und Emys, derart, dass eine Trennung des bezüglichen Zweiges in einen R. superior und R. inferior stattfindet, von denen der R. superior als N. cutaneus brachii medialis (42) direct zur Haut der medialen Seite des Oberarms geht, während der R. inferior sich mit dem R. interior n. cervicalis VIII. zur Ansa cervicalis inferior VIII. verbindet; und zwar geschieht diese Vereinigung nach Bildung der Ansa cervicalis inferior VII. Bei Trionyx fehlt der R. inferior, und nur der R. superior geht zur Haut des Oberarms.

Die aus dem Plexus brachialis hervorgehenden Aeste sind, mit Ausnahme der bereits näher beschriebenen Nn. thoracici superiores (7, 9) und thoracicus anterior (3_a) folgende:

A. Nn. brachiales und thoracici inferiores:

a) N. supracoracoideus (12)[1]. Ziemlich kräftiger Nerv, der entweder vor Bildung der Ansa cervicalis inferior VII. (Trionyx, Testudo) oder erst nachher (Emys) aus dem Plexus brachialis sich ablöst. Er geht nach unten und aussen durch die grosse Oeffnung des ventralen Brustgürtels, lateral vom M. coracohyoideus (*chy*) und nachdem er bei Trionyx und Testudo den M. testo-coracoideus (*tc*) (zwischen den einerseits am Coracoid anderseits an dem Procoracoid resp. der Scapula inserirenden Portionen) durchbrechen, und theilt sich dann in zwei (Trionyx, Testudo) oder drei Aeste (Emys). Der vordere Ast innervirt bei Trionyx in gleicher Weise die vordere Partie des (gesammten) M. supracoracoideus wie die

1) Von BOJANUS und OWEN übersehen.

oberflächliche Schicht des M. plastro-procoraco-humeralis, bei Emys nur den M. supraprocoracoideus (*sppc*), (durch den Zweig 14), bei Testudo diesen Muskel und mit zwei durch denselben hindurchtretenden Zweigen die Haut und das Brustschild im Bereiche der vorderen Brust; der hintere, bei Emys etwas stärkere, Ast (13) versorgt die hintere Partie des gesammten M. supracoracoideus, die bei Emys und Testudo als selbständiger M. supracoracoideus s. str. (*spc*) zu unterscheiden ist; ein drittes mittleres, übrigens den Hautzweigen von Testudo homologes, Aestchen (15) findet sich selbstständig nur bei Emys und tritt hier zwischen M. supraprocoracoideus (*sppc*) und M. supracoracoideus (*spc*) an die Haut und den Hautpanzer, wo es sich in entsprechender Weise wie die eben erwähnten Hautzweige von Testudo verbreitet.

Der Nerv entspricht dem N. supracoracoideus der Amphibien. Bei Trionyx drückt sich eine ziemlich vollkommene Uebereinstimmung mit den Bildungen bei jenen aus, namentlich in der fast gleichen Art und Weise der Innervirung der Muskeln durch den vorderen Ast sowie durch den Mangel des Hautastes, der in der Regel den Amphibien abgeht. Bei Emys und Testudo zeigt die Entwickelung eine grössere Differenz, die sich namentlich in der Verbreitung des vorderen Astes offenbart; der Hautast ist keine neue Bildung, sondern findet sich auch bei Anuren z. B. bei Bufo.

b) N. thoracicus inferior (N. plastro-coracoideus) (10)[1]. Feines Aestchen, das sich entweder durch Vereinigung von zwei dünnen Zweigen aus dem R. inferior n. cervicalis VII. und VIII. bildet (Trionyx) oder nur aus dem R. inferior n. cervicalis VIII. vor Bildung der Ansa cervicalis inferior VII. hervorgeht (Testudo) oder erst nach Bildung der Ansae cervicales inferiores VII. und VIII. von der Hinterseite des Hauptstammes, etwas distal von dem N. supracoracoideus, sich abzweigt (Emys). Es läuft nach unten und aussen und innervirt den M. testo-coracoideus (*tc*), nachdem es an der vorderen Fläche in ihn eingetreten.

Der N. plastro-coracoideus der Chelonier entspricht dem N. thoracicus inferior der Amphibien; er ist demselben aber nur z. Th. speciell homolog, während z. Th. blos eine Homodynamie ermittelt werden kann. Bei den Urodelen geht ein N.

1) Bisher übersehen worden.

thoracicus inferior aus dem 2., bei den Anuren aus dem 2. und 4. Spinalnerv hervor; bei den Schildkröten wird der entsprechende Nerv entweder vom 7. und 8. (Trionyx) oder vom 8. (Testudo) oder vom 8. und 9. Spinalnerven (Emys) gebildet. Da, wie bereits nachgewiesen worden, nur zwischen dem N. spinalis II. der Amphibien und dem N. spinalis VI. der Chelonier u. s. w. eine specielle Homologie besteht, so kann der N. thoracicus inferior der untersuchten Urodelen ebenso wie der N. thoracicus inferior II. der Anuren nur als eine, dem N. thoracicus inferior der Schildkröten homodyname Bildung angesehen werden, während für den N. thoracicus inferior IV. der Anuren eine directe Homologie mit dem N. thoracicus inferior der Schildkröten existirt.

c) N. brachialis longus inferior (21)[1]). Hauptstamm der Nn. brachiales inferiores, geht erst an der Innenseite des M. coraco-brachialis brevis internus (*cbbi*) vorbei, dann, zwischen diesem und dem M. coraco-brachialis brevis externus (*cbbe*) nach aussen tretend, in spiraliger Windung nach dem Oberarm. Auf diesem Wege giebt er eine Anzahl Rr. musculares[2]) an die Mm. pectoralis (N. pectoralis), coraco-brachialis brevis internus (N. coracobrachialis brevis internus) und coracobrachialis brevis externus und coraco-antebrachialis resp. coraco-antebrachialis profundus und coraco-radialis superficialis (N. coracobrachialis brevis externus et coraco-antebrachialis) ab:

α) N. coraco-brachialis brevis internus (22_a)[3]). Mittelstarker Nerv, der in der Regel zuerst von dem N. brachialis longus inferior entweder selbstständig (Trionyx) oder gemeinsam mit dem N. pectoralis (19) (Emys, Testudo) sich abzweigt und zwischen N. coraco-brachialis brevis internus (*cbbi*) einerseits und den Mm. coraco-brachialis brevis externus (*cbbe*), coraco-antebrachialis profundus (*bpr*) und coraco-radialis superficialis (*bsp*) andererseits nach dem ersten Muskel verläuft. — Entspricht dem gleichbenannten Nerv der Anuren.

1) N. medianus von Bojanus (χ) und Owen. Die Beschreibung ist namentlich bei Owen sehr dürftig.

2) Bojanus und Owen führen nur die Muskeläste des Pectoralis an (χ_1).

3) Nebst dem N. coraco-brachialis brachialis brevis externus von Owen als Zweig des N. circumflexus bei Chelone angegeben, eine Darstellung, die wohl nicht auf genauer Beobachtung beruht.

β) N. pectoralis (19). Ziemlich starker Nerv. Er geht entweder als selbstständiger Nerv distal vom vorigen (Trionyx) oder gemeinsam mit ihm (Emys, Testudo) vom Hauptstamme ab und nimmt, zwischen M. coraco-brachialis brevis internus (*cbbi*) und den Mm. coraco-antebrachialis profundus (*bpr*) und coraco-radialis superficialis (*bsp*), bei Trionyx auch theilweise innerhalb des letzten Muskels verlaufend, seinen Weg zum M. pectoralis (*p*). — Homologon des gleichbenannten Nervs der Amphibien.

γ) N. coraco-brachialis brevis externus et coraco-antebrachialis (22_b). Mittelstarker Nerv der zwischen M. coraco-brachialis brevis internus (*cbbi*) und externus (*cbbe*) zu dem M. coraco-brachialis brevis externus (*cbbe*) und M. coraco-antebrachialis (Testudo) resp. coraco-antebrachialis profundus (*bpr*) und coraco-radialis superficialis (*bsp*) (Emys, Trionyx)[1]) geht, die er mit mehreren Zweigen innervirt. — Nur die zu dem M. coraco-brachialis brevis externus gehenden Aeste sind specielle Homologe von Theilen des N. coraco-brachialis der Amphibien; für den N. coraco-antebrachialis fehlt ein completes Homologon bei den Amphibien.

Nach Abgabe der genannten Muskeläste verläuft der N. brachialis longus inferior zwischen dem M. coraco-antebrachialis profundus (*bpr*) und dem M. humero-antebrachialis inferior (*hai*) an der Medialseite des Oberarms nach dem Vorderarme, wobei er einen N. cutaneus antibrachii inferior (25)[2]) an die Haut der Beugeseite des Vorderarmes und Rr. musculares an den M. humero-antibrachialis inferior (*hai*) (24) und bei Emys auch an den distalen Bauch des M. coraco-radialis superficialis (*bsp*) (22_c) abgiebt. Von da geht er an den Vorderarm und an die Hand. —

Der N. brachialis longus inferior ist dem gleichbenannten Nerv der Amphibien homolog. Die Bezeichnung von Bojanus und Owen (N. medianus) ist nicht zulässig, da sie nur für einen Theil der Fasern des N. brachialis longus inferior Geltung hat; der Nerv enthält auch Homologe des N. ulnaris und musculo-cutaneus in sich.

1) Bei Emys wird nur der proximale Bauch des M. coraco-radialis von ihm versorgt; bei Trionyx geht auch ein Nebenast in den proximalen Theil des M. humero-antebrachialis inferior.

2) Rr. cutanei ad brachium nach Bojanus (χ_2).

B. Nn. brachiales superiores:

a) N. subscapularis (29)[1]. Mittelstarker Nerv, der entweder vom R. superior n. cervicalis VII. abgeht (Trionyx) oder erst nach Bildung der Ansa cervicalis superior VII. und VIII. sich ablöst (Emys, Testudo). Er geht nach kurzem Verlaufe nach dem M. subscapularis (*sbsc*), in dem er sich von innen und hinten mit mehreren Aesten verzweigt. Bei Trionyx liegt er gerade an der Grenze zwischen M. subscapularis longus und brevis und vertheilt sich mit zwei Zweigen in diesen Muskeln.

Der N. subscapularis ist ein Homologon des gleichbenannten Nerven bei Breviceps und bei den Urodelen, soweit dieser den M. subscapularis innervirt. Bildungen, die dem N. subcoracoideus der Urodelen entsprechen, fehlen den Cheloniern.

b) N. latissimus dorsi (34)[2]. Ziemlich kleiner Nerv, der an seinem Anfange stets mit dem N. dorsalis scapulae (30) verbunden ist und namentlich bei Testudo sich erst ziemlich entfernt von dem gemeinsamen Ursprunge beider ablöst. Dieser Ursprung findet entweder vor Bildung der Ansa cervicalis superior VII. (Trionyx) oder nach Bildungen derselben (Emys, Testudo) statt. Der Nerv verläuft zwischen M. latissimus dorsi (*ld*) und M. subscapularis (*sbsc*) und tritt in die Innenseite des ersteren Muskels ein; bei Testudo geht ein Zweig auch zu dem innig mit Latissimus dorsi verbundenen M. teres major (N. teres major).

Der Nerv ist dem gleichbenannten der Amphibien homolog und unterscheidet sich von ihm nur durch seine geringe Grösse. Die innige Beziehung zu dem N. dorsalis scapulae (30), übrigens ein unwesentliches (nur durch die Vertheilung der Neuroglia bedingtes) Moment, hat er mit den Anuren gemein.

c) N. dorsalis scapulae (30)[3]. Ziemlich kräftiger Nerv, der

---

1) Bojanus: Surculi n. ulnaris m.claviculo-brachiali pertinentes (v_1). Nach Owen Theil des N. circumflexus, eine Annahme, gegen welche die zu grosse Selbstständigkeit des N. subscapularis spricht.

2) Bojanus: Surculus ex incipiente nervo radiali ad m. latissimum dorsi (φ_1). Von Owen als Zweig des N. circumflexus beschrieben. Für diese Auffassung spricht als unwesentliches Moment die innige Vereinigung mit dem N. dorsalis scapulae, dagegen als gewichtiger Grund der Verlauf zu dem einem besondern Systeme angehörenden M. latissimus dorsi.

3) Bojanus: N. radialis (φ, nach Abgabe des N. latissimus dorsi). Die Angabe, dass sein Endast die Streckmuskeln der Hand versorge, kann nicht bestätigt werden. Owen's Beschreibung weicht sehr von der bei Bojanus und hier gegebenen ab. Soweit die übrigens sehr mangelhafte Darstellung einen

gemeinsam mit dem vorigen von dem R. superior n. cervicalis VII. vor (Trionyx) oder nach Bildung der Ansa cervicalis superior VII. (Emys, Testudo) abgeht. Er schlägt sich um den Hinterrand des M. subscapularis (*sbsc*) herum an dessen Aussenfläche und läuft an dieser nach vorn und unten, wobei er vom M. latissimus dorsi (*ld*) und dem dorsalen Theile des M. scapulo-procoraco-plastro-humeralis (*dsc*) (Emys, Testudo) oder vom M. latissimus dorsi und teres major bedeckt ist (Trionyx). Bei Trionyx giebt er im Bereiche des M. teres major einen N. teres major (29_b) an die Innenseite des gleichnamigen Muskels ab und vertheilt sich hierauf in den tieferen Partien des M. plastro-procoraco-humeralis (33), sowie mit einem an der Lateralseite dieses Muskels verlaufenden Zweig, N. cutaneus brachii superior lateralis (32), an der Haut der Streck- und Lateralseite des Oberarms. Bei Emys und Chelone fehlt ein N. teres major, dagegen geht an derselben Stelle vom Stamme ein Zweig an dem dorsalen Theile des M. deltoideus (*dsc*) (31) ab; der übrige Theil des Nerven vertheilt sich wie bei Trionyx in dem ventralen Theile des M. deltoideus (*dpc*+*dpl*) (33) der Haut der Achsel und des Oberarms (32) [1]).

Der Nerv ist dem gleichnamigen der Amphibien homolog. Der Verlauf auf dem M. subscapularis steht im Gegensatze zu dem Verhalten bei jenen, wo der Nerv direct auf der Aussenfläche der Scapula liegt, ist aber nur eine Folge der anderen Entwickelung dieses Muskels bei den Cheloniern; die innige, übrigens nur durch die Vertheilung der Nervenbindesubstanz bedingte, Beziehung des N. teres major zum N. dorsalis scapulae ist eine Eigenthümlichkeit von Trionyx. — Die Deutung von Bojanus als N. radialis bedarf keiner Widerlegung.

d) N. brachialis longus superior (N. radialis (35) [2]).

Vergleich erlaubt, scheint der N. dorsalis scapulae zum kleineren Theile dem N. circumflexus Owen, zum grösseren Theile dem N. radialis Owen zu entsprechen. Diese Trennung bei Chelone, von der sich bei der näher verwandten Trionyx wie bei den übrigen untersuchten Cheloniern keine Spur findet, ist zu auffallend, als dass sie nicht bezweifelt werden müsste.

1) Bei Emys serrata durchsetzt der N. cutaneus brachii superior lateralis den M. deltoideus an zwei Stellen.

2) Bojanus: N. ulnaris (*v*); Owen: N. ulnaris und N. radialis e. p. Owen's Beschreibung entspricht nicht den Verhältnissen bei den hier untersuchten Cheloniern.

Kräftiger Hauptstamm der Nn. brachiales superiores, der aus der Ansa cervicalis superior VII. (Trionyx, Testudo) oder Ansa cervicalis superior VII. und VIII. (Emys) hervorgeht. Er schlägt sich in der Mitte der Scapula um den Hinterrand des M. subscapularis (*sbbc*) herum und verläuft hinter und parallel zu dem N. dorsalis scapulae (30) auf dessen Aussenfläche nach unten. Am glenoidalen Ende der Scapula (Emys, Testudo) oder erst später (Trionyx) giebt er den N. cutaneus brachii et antebrachii superior medialis (41)[1] an die Haut der Streck- und Innenseite des Ober- und Vorderarms ab und tritt am proximalen Ende des Oberarms zwischen M. anconaeus scapularis lateralis (*asl*) und humeralis (*ah*), ersteren lateral lassend, in die Streckmuskelmasse ein, wobei er zuerst dem M. anconaeus scapularis lateralis (*asl*), dann dem M. anconaeus humeralis (*ah*) Rr. musculares (36)[2] abgiebt. Letzteren Muskel durchsetzt er in gedehnter Spirale und tritt vor dem Epicondylus radialis nach aussen und von da an den Vorderarm.

Der Nerv ist ein Homologon des N. radialis der Amphibien, dem er bis auf geringe Differenzen, die sich auf die besondere Entwickelung der relativ mehr variabeln Hautäste beziehen, gleicht. — Die Deutung von Bojanus und Owen als N. ulnaris braucht keine Widerlegung.

§. 9.

Muskeln der Schulter und des Oberarms[3]).

(Vergleiche Taf. V. und VI., Fig. 48—56.)

Die Muskeln der Schulter und des Oberarms der Chelonier repräsentiren theilweise Bildungen, die den Amphibien ganz abgehen (Plastro-scapulo-procoracoideus, Biceps brachii, Teres major)

1) Bojanus: R. dorsalis manus cutaneus (ν^3). Die weite Ausdehnung bis zur Hand inclusive kann nicht bestätigt werden.

2) Bojanus: Ramuli m. huic tricipiti ablegati (ν^4). Von Owen werden Aeste des N. ulnaris zum M. anconaeus und ausserdem noch Muskeläste des N. radialis angeführt, welche an der Aussenseite des Oberarms abgegeben werden. Diese Beschreibung steht im Widerspruch mit den von Bojanus und hier gemachten Angaben.

3) Literatur:

Bojanus a. a. O. S. 56 f. Taf. XV—XX (vorzügliche Abbildungen der Muskeln von Emys europaea; die Beschreibung ist dürftig, die Deutung, da sie sich an eine falsche Auffassung der Knochen anlehnt, meist falsch).

oder die bei ihnen namentlich in Anpassung an die veränderten Dimensionen des Halses und die Bildung des Rückenschildes in besonderer Weise entwickelt sind (Capiti-plastralis, Levator scapulae, Serratus, Plastro-coracoideus, Latissimus dorsi), theilweise bieten sie Entwickelungsformen dar, die mit denen der Amphibien, namentlich der Anuren, unter allen Wirbelthieren die grösste Verwandtschaft besitzen (Supracoracoideus und Plastro-procoraco-humeralis von Trionyx, Coraco-brachialis brevis externus und internus, Subscapularis u. s. w.); auch die in Anpassung an das Rückenschild in eigener Weise differenzirten Muskeln der Erwachsenen zeigen bei Embryonen mit noch unentwickeltem Rückenschilde eine grosse Uebereinstimmung mit den Bildungen der Anuren (Plastro-coracoideus, Latissimus dorsi). Diese z. Th. auffallend nahen Beziehungen rechtfertigen hinlänglich, die Chelonier rücksichtlich der Entwickelung ihrer Schulter

---

Anonymus (Bojanus) a. a. O. Isis 1827. S. 428 f. (Kritik über die Bezeichnungen der Schultermuskeln in der Anatome testudinis europaeae und theilweise, aber wenig glückliche, Umänderung derselben).

Oken a. a. O. Isis 1827. S. 456 (Ausgezeichnete kritische Behandlung der Deutungen des Anonymus; ich stehe nicht an, Oken's Arbeit trotz mancher Verirrungen für die beste bis jetzt erschienene vergleichend anatomische Abhandlung über die Schultermuskeln der Schildkröten zu erklären).

Meckel a. a. O. Band III. S. 168 f. S. 185 f. S. 205 f. (Gute Beschreibung der Muskeln von Emys, Testudo und Chelone).

Cuvier (Duméril) a. a. O. 2. éd. Tome I. S. 380 f. S. 401 f. S. 422 f.

Rathke a. a. O. S. 163 f. (Sehr genaue Behandlung einzelner mit dem Rücken- und Brustschilde in Beziehung stehenden Schultermuskeln).

Pfeiffer a. a. O. S. 36 f. (Kurze aber gute Darstellung der Schultermuskeln von Chelone Midas?)

Stannius a. a. O. S. 122 f. S. 129 f.

Owen a. a. O. Vol. I. S. 237 (bis auf wenige Ausnahmen kritiklose Copie der Abbildungen und Bezeichnungen von Bojanus).

Rüdinger a. a. O. S. 40 f. S. 97. S. 103. (Myologie von Testudo graeca, caretta, mydas, Emys europaea, Chelonia caretta).

Wiedemann, Archiv f. Zoologie III. 2. S. 78 (Myologie von Testudo tabulata) konnte ich nicht vergleichen.

Die eigenen Untersuchungen erstrecken sich über Trionyx japonicus, Sphargis coriacea juv., Emys serrata und europaea und Testudo tesselata. Der Erhaltungszustand des sehr kleinen Exemplares von Sphargis erlaubte nicht allenthalben die Untersuchungen mit vollkommener Sicherheit auszuführen. Die beigefügten Abbildungen beziehen sich auf Emys serrata.

Sphargis und ein sehr schönes Exemplar von Trionyx verdanke ich Herrn Professor Peters.

und deren Weichtheile den Amphibien näher zu stellen und sie von den Vögeln, mit denen in Wirklichkeit nur geringe Uebereinstimmungen bestehen, zu entfernen[1]).
Die Schultermuskeln der Chelonier lassen sich in folgender Weise eintheilen[2]):

A. Durch N. vagus innervirt:

Ursprung von dem Hinterkopfe, Insertion am Brustschilde:

Capiti-plastralis (Sternomastoideus).

B. Durch N. thoracicus anterior innervirt:

Anheftung an dem Rückenschilde, der Halsfascie, der Scapula und dem Procoracoid:

Testo-scapulo-procoracoideus.

---

1) Der Streit über die Stellung der Chelonier, ob in der Nähe der Amphibien oder der Vögel, ist alt und noch nicht beendigt, wenn auch die beiden gewichtigsten Autoritäten, Gegenbaur (Grundzüge der vergleichenden Anatomie. 2. Aufl. Leipzig 1870. S. 579) und Huxley (Handbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere übersetzt von Ratzel. Breslau 1873. S. 169), sich für eine nähere Verwandtschaft der Chelonier mit den Amphibien entschieden haben. Den Brustgürtel und seine Weichtheile anlangend wird eine Vergleichung mit den Vögeln besonders von Cuvier, mit den Amphibien, speciell mit Pipa, namentlich von Meckel befürwortet; doch sind die Vergleichungen beider so künstlich und gezwungen, dass auf sie wenig Gewicht zu legen ist. Bei allen derartigen vergleichend anatomischen Untersuchungen ist stets darauf zu achten, dass man weder einem einseitigen Schematismus nach einer vielseitigen Kritiklosigkeit anheimfalle, sondern dass man alle Bildungen, die natürlich nach der verschiedenartigen Anpassung der verschiedenen Körpertheile nicht eine gleiche Entwickelung darbieten können, genau berücksichtige und nach ihrem Werthe abschätze, ob sie nur blosse Anpassungsbildungen oder wirkliche Vererbungsbildungen sind. Die am Halse liegenden Muskeln des Brustgürtels der Chelonier z. B. haben, entsprechend der vogelähnlichen Ausbildung des Halses derselben, mit denen der Vögel grössere Aehnlichkeit als mit denen der Amphibien; nie aber darf diese ganz einseitige Anpassungsdifferenzirung dazu verleiten, die weit grössere vergleichend anatomische Bedeutung der viel conservativeren im Bereiche der Brust und des Rückens liegenden Schultermuskeln und damit auch die nähere Verwandtschaft mit den Amphibien zu verkennen.

2) Für Trionyx muss die Tabelle in folgender Weise geändert werden: Die Mm. capiti-plastralis (A), Collo-scapularis (C. a), Scapulo-procoraco-plastro-humeralis (F. b. *a*) kommen in Wegfall. Hingegen ist zwischen E. und F. einzuschalten:

Durch Nn. brachiales inferiores und superiores zugleich innervirt:

Ursprung vom Brustschilde und Procoracoid, Insertion am Processus lateralis des Humerus:

Plastro-procoraco-humeralis.

C. Durch Nn. thoracici superiores innervirt:
Insertion am dorsalen Abschnitte des Brustgürtels.
a) Ursprung von den Querfortsätzen der Halswirbel:
Collo-scapularis (Levator scapulae).
b) Ursprung von dem Rückenschilde (Querfortsätze der Rückenwirbel):
Testo-scapularis (Serratus).

D. Durch den N. thoracicus inferior innervirt:
Ursprung von dem lateralen Theile des Rückenschildes, Insertion an dem Coracoide (und Theilen der Scapula und des Procoracoids):
Testo-coracoideus.

E. Durch Nn. brachiales inferiores innervirt:
a) Ursprung allein von dem Brustschilde, Insertion am Oberarm:
Pectoralis.
b) Ursprung vom ventralen Theile des Brustgürtels (Procoracoid und Coracoid):
α) Durch N. supracoracoideus innervirt, Insertion am Oberarm:
Supracoracoideus.
β) Durch Aeste des N. brachialis longus inferior innervirt:
aa) Insertion am Oberarm:
Coraco-brachialis brevis externus.
Coraco-brachialis brevis internus.
bb) Insertion am Vorderarm (Radius und Ulna):
Coraco-antebrachialis (Biceps brachii).
c) Ursprung vom Oberarm, Insertion am Vorderarm (Radius und Ulna):
Humero-antebrachialis inferior (Brachialis inferior).

F. Durch Nn. brachiales superiores innervirt:
a) Ursprung vom Rückenschilde, Insertion am Oberarm:
Testo-humeralis (Latissimus dorsi).
b) Ursprung vom Brustgürtel (und Brustschilde), Insertion am Oberarm.
α) Insertion am Processus lateralis, Lage des humeralen Muskelendes lateral vom M. anconaeus scapularis; Ursprung von dem Vorderrande der Scapula, des Procoracoids und von dem Brustschilde:
Scapulo-procoraco-plastro-humeralis (Deltoideus).

β) Insertion am Processus medialis oder in dessen Nähe, Lage des humeralen Muskelendes medial vom M. anconaeus scapularis.

aa) Ursprung vom Vorderrande der Scapula, Insertion gemeinsam mit dem Latissimus dorsi an der Streckfläche des Humerus lateral neben dem Processus medialis:
Teres major.

bb) Ursprung von der hinteren Circumferenz und der Innenfläche der Scapula, Insertion am Processus medialis.
Subscapularis.

c) Ursprung vom Brustgürtel (Scapula) und Oberarm, Insertion am Vorderam (Ulna):
Anconaeus.

---

1. Capiti-plastralis (Sternocleidomastoideus) (*cpl*)[1].

Sternomastoideus, Kopfnicker, Sterno-mastoïdien: Bojanus (No. 22), Meckel (§. 69. No. 1), Cuvier, Stannius (§. 114. No. 2), Owen, Rüdinger.

Dünner und schmaler Muskel, der in der ganzen Länge des Halses erstreckt ist. Er entspringt vom Processus ossis squamosi und geht zuerst oberhalb des Os hyoideum (Hy), wendet sich dann nach unten und hinten, so dass er den M. coraco-hyoideus (*chy*) von unten her deckt, und verläuft dann, namentlich bei Emys

1) Bei Trionyx liegt an seiner Stelle ein sehr schmaler und dünner Muskel, der denselben Ursprung am Kopfe und Verlauf am Halse zeigt, aber in der Höhe der Brust weder am Bauchschilde noch an der Schulterfascie inserirt, sondern direct in den frei an der Innenseite des Brustschilds und innerhalb des Brustgürtels verlaufenden und an der Symphyse des Beckens inserirenden M. rectus abdominis übergeht. Da eine Innervation durch den R. accessorius n. vagi nicht nachgewiesen werden konnte, da ferner zwischen ihm und dem M. rectus abdominis keine Inscriptio tendinea sich findet, die als Andeutung einer secundären Verwachsung mit diesem Muskel aufgefasst werden könnte, sondern da vielmehr der Muskel ohne alle Grenze in den Rectus abdominis übergeht: so ist eine Homologie mit dem Capiti-plastralis nur als möglich anzunehmen.

Bei dieser und den folgenden Muskelbezeichnungen wird unter Plastron das Brust-, unter Testa (Carapax) das Rückenschild verstanden.

und Testudo mit dem der Gegenseite convergirend, an der Unterfläche des Halses nach hinten zur Brust, wo er inserirt. Seine Insertion findet bei Chelone und Sphargis an der Fascie der Achsel, bei Emys und Testudo an der Innenfläche des Brustschilds (Pl) gleich hinter der Anheftung des Procoracoids (Pc) an dasselbe statt. Er ist in der Hauptausdehnung seines Verlaufes von dem M. sphincter colli (*sphc*) bedeckt und liegt nur am Ende des Halses frei zu Tage. Die Breite des Muskels ist bei Testudo am geringsten, bei Sphargis und Chelone am ansehnlichsten.

Innervirt durch den R. accessorius n. vagi (und vielleicht Zweige des N. cervicalis III. und IV.).

Der Muskel entspricht nicht vollkommen dem M. capiti-scapularis (Cucullaris) der Amphibien. Eine unwesentliche Differenz liegt in der weit grösseren Länge, welche nur als secundäre Anpassungsbildung an die Verlängerung des Halses aufzufassen ist; weit wesentlicher ist der Unterschied in der Insertion beider Muskeln, die bei den Amphibien an der Scapula, bei den meisten Anuren sogar in einer gewissen Tiefe, stattfindet, hier bei den Cheloniern dagegen zu oberflächlicheren und ventraleren Ansatzpunkten (Achselfascie, Brustschild) in Beziehung steht. Diese oberflächliche Lage des Insertionstheils ist eine den Reptilien und Vögeln eigenthümliche Bildung, die mit den Cheloniern ihren Anfang nimmt und eine directe Vergleichung mit den Amphibien nicht gestattet. Wegen der ventralen Lage der Insertion, die ungefähr der Lage der Clavicula und des vorderen Theils des Sternums entspricht, kann der Muskel als ein Homologon des Sternocleidomastoideus, aufgefasst werden [1]). Das Verhältniss von Chelone und Sphargis, wo der Muskel an der Fascie inserirt, ist das ursprüngliche; erst mit der weiteren Ausbildung des Brustschilds ist er mit diesem in directe Beziehung getreten (Emys, Testudo).

---

1) Oken deutet einen Theil des M. constrictor colli (P. anterior m. latissimi colli: Bojanus) als Sternocleidomastoideus. Dafür spricht kein einziger Grund von Bedeutung, dagegen eine grosse Anzahl, vor Allem der transversale Verlauf der Fasern, von denen keine vom Kopf zur Brust erstreckt ist. — Der von Meckel als M. cucullaris bezeichnete, sich vom Kopf zur Nackenplatte erstreckende Muskel ist kein Homologon des menschlichen Cucullaris, sondern gehört zum Systeme der langen Rückenmuskeln.

2. Testo-scapulo-procoracoideus (cu_1)[1].

Pars posterior m. latissimi colli: Bojanus (21a), Anonymus, Stannius.
Cucullaris und vielleicht auch Rhomboideus minor: Oken.
Peaucier: Cuvier (?)

Ausserordentlich vielgestaltiger sehr dünner flächenhafter Muskel, der auch zum grösseren oder kleineren Theile durch Sehnengewebe ersetzt sein kann. Er setzt sich bei Trionyx, wo er vorwiegend muskulös ist, aus verticalen und aus vorwiegend longitudinalen bis ascendenten Fasern zusammen, die sich theilweise kreuzen. Die verticalen Fasern sind die stärksten, bilden aber nur ein schmales Bündel, das von der Nackenplatte knapp vor der Anheftung der Scapula an das Rückenschild nach unten an den Winkel zwischen Scapula und Procoracoid geht. Die longitudinalen Fasern verlaufen von der Seite der Halsfacie ungefähr in der Höhe des fünften Wirbels nach hinten zu dem Vorderrande der Scapula und des Procoracoids und verschmelzen theilweise mit den verticalen Fasern derart, dass auch einzelne Muskelzüge von der Seite des Halses nach dem Rückenschilde verlaufen. Der Complex aller dieser Faserzüge bildet eine dünne Muskelschichte, die von einem kräftigen vom Anfange des Rückenschilds entspringenden und an die Seite des hinteren Theils des Halses verlaufenden Muskel (Sphincter colli posterior?) bedeckt ist. Bei Testudo ist der Muskel mehr zurückgebildet, das verticale Muskelbündel existirt in derselben Weise wie bei Trionyx, die longitudinalen Faserzüge hingegen sind theilweise, namentlich am Insertionstheile durch Bindegewebe ersetzt. Einzelne Fasern verlaufen von der Scapula zu Procoracoid. Der Muskel liegt oberflächlich unter der Haut. Bei Emys (serrata) sind die Beziehungen zu dem Rückenschilde und der Halsfascie, soweit sie als Ursprungsstätte diente, aufgegeben. Der Muskel bildet hier eine ganz dünne Schichte, welche lediglich zwischen Scapula (S) und Procoracoid (Pc) erstreckt ist und deren Fasern nur in der Mitte ihres Verlaufes muskulös geblieben sind.

1) Vielleicht Meckel No. 1 in § 94 „Rautenmuskel oder vorderer Theil des Kappenmuskels". — Duméril (Cuvier) führt S. 381 No. 4 bei Chelone einen kleinen Muskel an, der vom vorderen Rande des Acromion nach dem Halse geht und sich hier in der Fascie verliert und der dem Trapezius verglichen werden könne.

Innervirt durch den N. thoracicus anterior (3a).

Die vergleichend anatomische Bedeutung dieses Muskels kann nicht mit vollkommner Sicherheit angegeben werden. Die ganz besondere und sehr weit gehende Differenzirung des Halses und des Integumentes des Rumpfes bei den Cheloniern steht zu den entsprechenden Bildungen bei den Amphibien so unvermittelt da, dass eine directe Vergleichung zwischen beiden nicht immer möglich ist. In diesen Fällen kann nur durch weitere Vergleichung mit anderen Reptilien, deren Halsform der der Amphibien näher steht, z. B. mit den Sauriern die gegenseitige Homologie erschlossen werden. Zu diesen Bildungen gehört der M. testo-scapulo-procoracoideus, der als eine ganz neue Differenzirung aufzufassen ist, welche den Amphibien vollkommen abgeht. Der Verlauf der Fasern, wie er bei Trionyx (von den untersuchten Cheloniern in noch am meisten ursprünglicher Gestaltung) vorliegt, sowie die Beziehung zu dem ihn deckenden M. constrictor colli posterior weist hin auf Bildungen, welche bei den Sauriern in einer am wenigsten einseitig fortgeschrittenen Differenzirung vorkommen und mit dem eigentlichen durch die Rr. accessorii n. vagi innervirten M. cucullaris derselben zu einem Muskel vereinigt sind, der vorn vom N. vagus, hinten von Nn. spinales versorgt ist und von den Autoren gemeinhin als M. cucullaris [1]) bezeichnet wird. Oken's und Duméril's allerdings ganz ungenügend begründete Deutung als Cucullaris ist deshalb annehmbar, die Vergleichung mit dem Rhomboideus minor hingegen ganz verfehlt. Die Bildung des Muskels bei Testudo und namentlich bei Emys ist eine ganz secundäre und wird nur durch das Zwischenglied Trionyx vergleichend anatomisch verständlich.

3. Collo-scapullaris (Levator scapulae) [2]).

Scalenus: Bojanus (No. 34), Owen.
Levator scapulae Heber des Schulterblattes: Anonymus, Oken, Meckel (No. 2), Stannius.

1) Rüdinger erwähnt mehrfach einen M. cucullaris, ohne aber die auf S. 46 versprochene Beschreibung desselben zu geben. Es ist daher fraglich, was er unter diesem M. cucullaris versteht.

2) Von Rüdinger wird seine Existenz abgeleugnet, obschon derselbe unter anderen Arten auch Emys europaea und Chelonia (caretta) untersuchte, bei welchen der Muskel mit grosser Uebereinstimmung von Bojanus, Meckel, Duméril und mir gefunden worden ist. — Die Benennung Pfeiffer's beruht auf einer Verwechslung der Bezeichnungen von Bojanus.

Releveur de l'omoplate ou l'acromio-trachélien: DUMÉRIL (CUVIER).
Latissimus colli (Boj.): PFEIFFER.

Sehr dünne flächenhafte Muskelschicht an der Seite des Halses, die von den Querfortsätzen der 6. oder 7. letzten Halswirbel zu dem Vorderrande des Brustgürtels geht. Sie ist nur bei einigen Schildkröten entwickelt und bietet in Bezug auf Breite und Insertion Verschiedenheiten dar. Bei Chelone und Sphargis ist der Muskel wenig breit und inserirt nur an der Scapula mit Ausnahme des oberen und untern Theils; bei Emys europaea findet die Anheftung an der ganzen Länge der Scapula und an dem angrenzenden Theile des Procoracoids statt, der Muskel besitzt hier eine beträchtliche Breite. Bei Emys punctata und lutaria ist der M. levator scapulae makroskopisch nicht nachweisbar, sondern ist ersetzt durch eine Fascie, in der sich nur bei mikroskopischer Untersuchung vereinzelte Muskelfasern finden. Bei Trionyx fehlt jede Spur von Muskelelementen.

Innervirt durch den N. thoracicus superior VI.

Nach Innervation und Lage gehört der Muskel unzweifelhaft zu dem Systeme der Levatores scapulae. Eine specielle Homologie mit den, in besonderer Weise differenzirten, entsprechenden Muskeln der Amphibien ist nicht nachweisbar.

4. Testo-scapularis (Serratus) (*ts*)[1].

Subclavius: CUVIER 1. éd., WIEDEMANN, BOJANUS (No. 59), OWEN.
Cucullaris (?): ANONYMUS.
Serratus magnus, Grand dentelé: OKEN, DUMÉRIL (CUVIER).
Theil d. Rauten- od. Kappenmuskels: MECKEL (No. 5).
Retractor scapulae: STANNIUS.
Serratus anticus major s. costo-scapularis: RÜDINGER.

1) RATHKE giebt von dem Muskel eine genaue Beschreibung und Entwickelungsgeschichte. Er führt ihn unter der Benennung von BOJANUS (als Subclavius) an, spricht sich aber zugleich gegen dessen Deutung ebenso wie gegen die von DUMÉRIL (als Rest eines Serratus) aus und kommt zum Schlusse, dass der Muskel keiner Bildung anderer Wirbelthiere nur einigermaassen entspreche. Die Bedenken gegen DUMÉRIL's Deutung sind nicht schwerwiegend genug, um diese zu widerlegen, indem sie sich auf die Annahme einer vollkommenen Constanz des Ursprunges der Muskeln stützen, eine Annahme, die nicht auf natürlicher Beobachtung sich basirt, sondern nur Ergebniss reiner Reflexionen ist. — PFEIFFER erwähnt den Muskel nicht.

Verschieden grosser und verschieden gestalteter Muskel von im Mittel nur mässiger Ausdehnung, der von der Innenfläche des Rückenschildes hinter dem M. latissimus dorsi (*ld*) und über dem M. testo-coracoideus (*tc*) entspringt und an der Hinter- und Aussenfläche des Suprascapulare (SS) und des oberen Endes der Scapula (S) inserirt. Bei Sphargis und Chelone ist er klein und schmal, bei Emys und Testudo etwas breiter, bei Trionyx ziemlich breit und kräftig. Er entspringt bald ziemlich weit lateralwärts (Chelone, Trionyx), bald näher der Wirbelsäule (Emys). Bei jungen Thieren mit noch unvollkommener Ausbildung des Rückenschildes [1]) und noch diskreten Querfortsätzen ist ein Ursprung von der 2. oder der 2. und 3. Rippe und der zwischen ihnen liegenden Fascie (Rathke's Fascia costalis) nachweisbar; mit der Verbreiterung und endlichen Verwachsung der Querfortsätze, sowie mit dem Auftreten der Ergänzungsplatten geht er dann Beziehungen zur Innenfläche des Rückenschildes ein, wie sie das erwachsene Thier zeigt [2]).

---

1) Es ist hier nicht der Ort, genauer auf die Entwickelung und den Bau des Rückenschilds einzugehen. Zur Zeit existiren über diesen Punkt vornehmlich zwei Theorien, von denen die eine nach dem Vorgange von Carus ihren Hauptvertreter in Peters hat, dem besonders Owen und Stannius gefolgt sind, während die andere von Rathke herrührt und von Huxley gestützt wird. Der Theorie von Peters zufolge setzt sich das Rückenschild aus einem inneren Skelete, Wirbel und Rippen (Querfortsätze nach Stannius), und aus einem äusseren Skelet, Deckplatten der Wirbeldornen und Rippen und Randplatten, zusammen, die beide im Laufe der Entwickelung untrennbar fest mit einander verwachsen sind; nach der Ansicht von Rathke besteht das Rückenschild wesentlich aus dem inneren Skelete, den auf besondere Weise entwickelten Rückenwirbeln und Rippen, die in sich auch die Deckplatten enthalten; nur die Randplatten (incl. Nackenplatte) sind dermaler Natur. Die letztere Ansicht wird allerdings gestützt durch die vorzüglich genauen embryologischen Untersuchungen ihres Vertreters (deren histologischer Werth indessen nicht zu hoch angeschlagen werden darf), für die erstere hingegen sprechen eine grössere Anzahl vergleichend anatomischer Gründe, die hier anzuführen jedoch nicht der Ort ist. Ueber die wahre Bedeutung der Rippen (Querfortsätze Stannius) lässt sich etwas Sicheres z. Z. ebenfalls nicht angeben; doch spricht die Art ihrer Entwickelung, ihr Verhalten zu den Wirbeln, ferner der Umstand, dass bei einzelnen Batrachiern (die auch aus anderen Gründen als die nächsten Verwandten der Chelonier anzusehen sind) wie bei Pipa, Dactylethra, Ceratophrys, Phyllomedusa u. s. w., einzelne oder mehrere Wirbelquerfortsätze eine beträchtliche Länge besitzen, sehr für die Ansicht von Stannius und rechtfertigt, sie als (jedenfalls in Anpassung an die Bildung des Hautskelets) auffallend verbreiterte und verlängerte Querfortsätze aufzufassen und eine Homologie mit Rippen auszuschliessen.

2) Einzelnheiten über diesen Punkt geben die trefflichen Untersuchungen Rathke's S. 165.

Innervirt durch den N. thoracicus superior VII. und VIII. (7, 9) oder VIII. (9)[1].

Die Innervirung des Muskels, sowie der bei jungen Thieren leicht nachweisbare Ursprung von den Que. fortsätzen und die Insertion am oberen Theile der Scapula lassen in dem Muskel ein unzweifelhaftes Homologon der Mm. thoraci-scapularis und thoraci-suprascapulares der Amphibien erkennen. Speciell weist der Ursprung an den Querfortsätzen auf eine nähere Verwandtschaft mit Anuren hin, während die einfache Bildung des Muskels mit den complicirten Differenzirungen bei den Anuren wenig gemein hat und den Verhältnissen bei den Urodelen näher steht. Die Deutung als Subclavius ist bereits von MECKEL, die als Cucullaris von OKEN genügend widerlegt worden. Ihn, wie MECKEL thut, mit dem Rhomboideus zu vergleichen, erlaubt sein Ursprung nicht, der nur an den Rippen, nie aber an den Dornen der Rückenwirbel stattfindet.

5. Testo-coracoideus (*tc*)[2].

Trapèze: CUVIER, Leçons 1. éd. (?)
Serratus magnus, grosser vorderer gezahnter Muskel: BOJANUS (No. 57), ANONYMUS, MECKEL (No. 4), OWEN.
Pectoralis minor: OKEN, RATHKE, PFEIFFER.
Dentelé antérieur s. Costo-coracoidien: DUMÉRIL (CUVIER).
Subclavius s. costo-clavicularis und Pectoralis minor s. Costo-coracoideus: RÜDINGER.

Sehr breites und in der Regel dünnes[3]) Muskelstratum, das vom Rückenschilde in einer langen Linie entspringt und nach unten und innen zu dem Brustgürtel verläuft. Der Ursprung ist bald mehr oder weniger auf den lateralen Rand des Bauchschildes beschränkt und bildet dann eine ziemlich horizontale Linie (Trionyx, Sphargis), bald erstreckt er sich an einer etwas ausgeschweiften Linie am Rückenschilde nach der Wirbelsäule zu, die er aber nie

1) Der von BOJANUS beschriebene Ast des 10. Spinalnerven (10 *a*) durchsetzt blos den M. serratus, ohne ihn zu innerviren.

2) STANNIUS beschreibt ihn auf Seite 115 ohne Namen und spricht sich hier gegen die Bezeichnung als Serratus magnus aus, während er Aehnlichkeit mit dem bei Vögeln zwischen den Schenkeln der Furcula gelegenen Septum habe.

3) Bei Emys ist der Muskel nur sehr dünn, bei Trionyx, Sphargis, Chelone und Testudo hingegen ansehnlicher entwickelt; namentlich bei letzterer hat der hintere Theil eine ansehnliche Stärke.

erreicht (Testudo, Emys)[1]. Bei jungen Thieren und Embryonen mit noch nicht ausgebildetem Rücken- und Bauchschilde findet der Ursprung in der Regel von der Fascie zwischen den Enden der Querfortsätze statt, erst mit der weiteren Entwickelung der Querfortsätze tritt er in directe Beziehung zu diesen und noch später zu dem Rückenschilde[2]. Der Muskel verläuft stets an der Unterfläche des M. coraco-brachialis brevis internus (*cbbi*) hin nach vorn und innen und heftet sich an dem Vorder- und Medialrande des Coracoids (*c*), sowie an den angrenzenden Theilen des Procoracoids (Pc) und der Scapula (S) an. Bei Emys inserirt der Muskel am vordern Rande des Coracoids und den anliegenden Enden des Procoracoids und der Scapula, bei Testudo mit einer mit dem M. coracobrachialis brevis internus verwachsenen Aponeurose an der hinteren Ecke, dem Medialrande und dem angrenzenden medialen Theile des Vorderrands des Coracoids sowie mit einigen dünnen Muskelbündeln an der Mitte des hinteren Randes des Procoracoid, bei Trionyx an dem Vorderrande des Coracoids und den untern zwei Fünftel der Innenfläche der Scapula, bei Sphargis an dem Vorderrande des Coracoids und den unteren zwei Dritteln der Scapula. Bei Testudo, Trionyx und Sphargis geht der N. supracoracoideus zwischen den am Coracoid und den an Procoracoid oder Scapula inserirenden Theilen hindurch zu den von ihm innervirten Muskeln.

Innervirt durch den N. thoracicus inferior (testo-coracoideus) (10)[3].

Die früheren Vergleichungen dieses Muskels mit dem Cucullaris und Serratus magnus sind bereits von Oken und Rathke widerlegt worden. Mehr Beachtung verdienen die Deutungen von Oken, Duméril, Rathke und mit Beschränkung die von Rüdinger, denen zufolge der Muskel ganz oder zum Theil (Rüdinger) als ein Homologon des M. pectoralis minor aufgefasst wird. Dafür spricht sein Ursprung an einer Stelle des Rumpfes, wo beim Menschen die sternalen Enden der vorderen Rippen liegen, sowie seine Insertion, die an dem Homologon des Processus coracoideus stattfindet; dagegen als gewichtige Gründe die Innervation durch einen Nerven, der zu dem N. pectoralis in gar keiner näheren Beziehung

1) Bei Emys, kommt der obere Theil des Ursprungs sogar in dieselbe Höhe zu liegen wie der untere Theil des Ursprungs des M. serratus.

2) Vergleiche Rathke, Seite 170.

3) Bojanus Beschreibung, wonach der Muskel von einem Ast des 10. Spinalnerven versorgt wird, beruht auf ungenauer Untersuchung, da dieser Ast ihn blos durchsetzt und dann zum Plastron und zur Haut geht.

steht, und die in Capitel VI. näher zu besprechende Thatsache, dass der M. pectoralis minor, wie er beim Menschen besteht, als eine nur auf eine Anzahl Säugethiere beschränkte besondere Differenzirung sich aus dem M. pectoralis herausbildet. Die von Rüdinger betonte specielle Homologie des am Procoracoid inserirenden Theiles mit dem M. subclavius des Menschen wird widerlegt durch die sichere Erkenntniss, dass der vordere ventrale Schenkel des Brustgürtels keine Clavicula, sondern das Procoracoid ist. — Eine unmittelbare Vergleichung dieses Muskels mit irgend welchen menschlichen Bildungen ist wenigstens zur Zeit mit vollkommener Sicherheit nicht zu geben [1]). Dagegen ergiebt sich der ganz gleich innervirte M. abdomino-scapularis der Anuren als ein Homologon des M. testocoracoideus. Die Insertion zeigt allerdings Differenzen; doch sind diese unwesentlich, da sogar innerhalb der Abtheilung der Chelonier dieselbe grossen Schwankungen unterworfen ist. Die Abweichungen den Ursprung betreffend sind nur secundäre; bei jungen Thieren, wo noch kein Rückenschild gebildet und der Muskel noch nicht mit den Querfortsätzen in directe Berührung getreten ist, ergiebt sich eine auffallende Uebereinstimmung dem entsprechenden Muskels der Anuren. Dass die Beziehungen zu dem M. obliquus abdominis externus aufgegeben sind, erklärt sich aus der mehr oder minder vollkommenen Reduction dieses Muskels bei den Schildkröten.

6. Pectoralis (*p*).

Pectoralis major, Grand pectoral: Bojanus (No. 56), Duméril (Cuvier), Rathke, Pfeiffer, Owen.
Hinterer Theil der oberflächlichen Schichte des grossen Brustmuskels: Meckel (No. 3).
(Hinterer) Bauch des Pectoralis major: Stannius (No. 1).
Pars sterno-costalis m. pectoralis majoris: Rüdinger.

Breiter und kräftiger Muskel an der Brust, der von der Innenfläche des Brustschildes (Pl) in grosser Ausdehnung entspringt und am distalen Theile des Processus lateralis des Humerus (PL) inserirt. Er ist bei Trionyx und Chelone am bedeutendsten, bei Emys und Sphargis von mittlerer Grösse, bei Testudo am kleinsten.

1) Am ehesten ist ein Vergleich noch gestattet mit den namentlich von Böhmer, Gruber, Wood, Ehlers u. A. beschriebenen und als Pectoralis minimus oder Sternoscapularis bezeichneten Varietäten des M. subclavius, die von dem Sternum oder dem sternalen Ende der ersten Rippe entspringen und sich an dem Processus coracoideus oder den Glenoidaltheile der Scapula inseriren.

Bei geringerer und mittlerer Entwickelung entspringt er lediglich von der vorderen Hälfte des Brustschilds mit Ausnahme ihres vordersten und lateralen Abschnittes, bei beträchtlicher Ausdehnung greift sein Ursprung nach hinten und lateralwärts auf die Grenze zwischen Brust- und Rückenschild über; im letzteren Falle (Chelone, Trionyx) findet auch ein Zusammenhang der hintersten Theile mit dem M. pyramidalis (Stannius) statt. Die Insertion beschränkt sich bei Emys und Testudo auf den Processus lateralis, wo sich der Muskel mit einer breiten und mittelstarken Sehne, die die Insertion derMm. deltoideus (*d*) und supracoracoideus (*spc*) bogenförmig umgiebt anheftet. Bei Trionyx inserirt blos die tiefere Hauptmasse an dem Humerus, die mediale oberflächliche Schichte hingegen verwächst durch Vermittelung einer ganz kurzen Inscriptio tendinea mit dem lateralen Theile des M. humero-antebrachialis inferior und hat insofern Bedeutung für die Bewegung des Vorderarms. Bei Chelone spaltet sich die Endsehne in 2 Zipfel, von denen der eine an dem Processus lateralis inserirt, der andere längs des Oberarms nach dem Radius verläuft, an dessen ganzer Länge er inserirt[1]). Sphargis zeigt ähnliche Verhältnisse wie Chelone, zugleich scheint ein Theil des langen Zipfels sich mit dem M. humero-antebrachialis zu verbinden.

Innervirt durch den N. pectoralis (19)[2]).

Nach Lage und Innervirung stimmt der Muskel mit dem gleichnamigen der Urodelen überein. Der Ursprung von der Innenfläche ist, wie schon von Rathke dargethan worden, eine secundäre Anpassung, die schon ziemlich früh auftritt und sich mit Leichtigkeit aus dem Mangel jeglicher Elemente des Sternums und der Sternalrippen erklärt. Bei Embryonen, die noch kein Brustschild entwickelt haben, liegen die nach der Mittellinie des Körpers gleich von Anfang an erstreckten Mm. pectorales frei auf den von ihnen bedeckten Theilen der Brust und zeigen dadurch eine auffallende Uebereinstimmung mit den entsprechenden Bildungen der Sozobranchier mit reducirtem Sternum.

---

1) Meckel und Duméril, die beide Chelone untersucht haben und die mir für diese Schildkröte lediglich als Quelle dienen, stimmen nicht vollkommen mit einander überein, Nach Meckel geht die sehr starke Sehne an die ganze Länge der Speiche, nach Duméril inserirt die Aponeurose fächerförmig an der untern Fläche des Arms und selbst des Vorderarms.

2) Bojanus giebt an, dass der M. pectoralis auch von dem 11., 12. und 13. Spinalnerven versorgt werde. Diese Angabe ist falsch; die fraglichen Aeste durchsetzen vielmehr blos den M. pectoralis und vertheilen sich im Plastron.

6. Supracoracoideus (*spc*).

Trionyx: Supracoracoideus und Plastro-procoraco-humeralis ex p.

Uebrige Chelonier: Supraprocoracoideus und Supracoracoideus.

a) Supraprocoracoideus (sppc).

Pars altera m. deltoidei ex ramo horizontali claviculae: BOJANUS (No. 60b).
Pars coracoidea m. deltoidei: ANONYMUS.
Deltoideus acromialis: OKEN.
Zweiter (mittlerer) Muskel der tiefen Schichte des grossen Brustmuskels: MECKEL (No. 3).
Vorderer Kopf eines zweiköpfigen Muskels: PFEIFFER.
Theil des M. deltoides: STANNIUS.
Second head of the deltoides: OWEN.
Claviculo-brachialis: RÜDINGER.

b) Supracoracoideus (spc).

Superscapularis (Supra- et infraspinatus): BOJANUS (No. 62).
Superscapularis s. scapularis (Infraspinatus) ANONYMUS.
Deltoideus coracoideus: OKEN.
Dritter (hinterer) Muskel der tiefen Schichte des grossen Brustmuskels (vielleicht auch zweiter grösserer Hakenarmmuskel): MECKEL (No. 3).
Hinterer Kopf eines zweiköpfigen Muskels: PFEIFFER.
Pectoralis superior: STANNIUS.
Subcoracoideus: OWEN.
Coraco-brachialis proprius anterior (Supraspinatus?) RÜDINGER.

Kräftige Muskelmasse, die an der Aussenfläche des ventralen Abschnittes des Brustgürtels entspringt und an dem Processus lateralis des Humerus inserirt. Nach ihrer Entwickelung lassen sich zwei Hauptformen unterscheiden, von denen die eine durch Trionyx, die andere durch die übrigen (untersuchten) Chelonier repräsentirt wird; innerhalb der letzteren sind die Differenzen in der Bildung nur unwesentliche.

Bei Trionyx findet sich an der Brust eine mächtige und sehr breite ziemlich homogene Muskelmasse, die mit ihrem vorderen Drittel aponeurotisch von der Innenfläche des Brustschilds, mit ihren hinteren zwei Dritteln muskulös von dem Vorder- und Hinterrande und von der Aussenfläche des Procoracoids, von dem Medialrande und der Innenfläche des sehr breiten Ligamentum

epicoracoideum und von dem Vorderrande und der Aussenfläche des Coracoids entspringt, mit stark convergirenden Fasern in lateraler Richtung verläuft und mit kräftiger Sehne an dem proximalen Theile des Processus lateralis, von dem Insertionstheile des M. pectoralis bogenförmig umgrenzt, inserirt. Der hintere Theil des Muskels ist von dem M. pectoralis bedeckt und deckt anderseits den kleinen M. coracobrachialis brevis externus, mit dem er verwachsen ist. An der Aussenseite ist der Muskel mit seinem mittleren Drittel von der Mittellinie der Brust weiter entfernt als der hintere und vordere Theil; der letztere ist z. Th. sogar mit dem der Gegenseite verwachsen. An der Innenseite des Brustgürtels liegt die mediale Grenze des Ursprungs allenthalben in ziemlich gleicher Entfernung von der Mittellinie; am Anfange des zweiten Drittels des Ligamentum epicoracoideum ist ein leichter Spalt vorhanden, der sich durch die ganze Muskelmasse fortsetzt und als Grenzlinie zwischen dem vorderen und hinteren Theile des Muskels gelten kann.

Die Innervirung des hinter diesem Einschnitt gelegenen Theiles findet lediglich durch den hinteren Ast des N. supracoracoideus statt; die des vorderen Theiles geschieht in gleicher Weise durch den vorderen Ast des N. supracoracoideus und einen Zweig des N. dorsalis scapulae (33), und zwar innervirt ersterer vornehmlich die hinteren und oberflächlichen, letzterer die vorderen und tieferen Partien.

Bei den übrigen Cheloniern bietet die entsprechende Muskelmasse eine deutliche Sonderung dar. Der vorderste von der Innenfläche des Plastrons (Pl) und von dem Vorderrande des Procoracoids (Pc) entspringende Theil wird lediglich von dem N. dorsalis scapulae (30) versorgt und steht somit ausser aller Beziehung zu dem M. supracoracoideus, während nur der an der Unterfläche des Procoracoids und Coracoids liegende Abschnitt, der vom N. supracoracoideus (12) innervirt wird, als echter Repräsentant dieses Muskels gelten kann. Dieser Abschnitt ist bei Sphargis, Chelone, Emys und Testudo in zwei ganz selbstständige Muskeln zerfallen, einen vorderen, M. supraprocoracoideus, und einen hinteren, M. supracoracoideus.

Der M. supraprocoracoideus (*sppc*) entspringt von der Unterfläche des Procoracoids (Pc) mit Ausnahme des vorderen Randes, der vom Ursprunge des ventralen Theiles des M. scapulo-procoraco-plastro-humeralis (*dpc*) eingenommen ist, und inserirt gemeinschaftlich mit dem M. supracoracoideus (*spc*) an dem pro-

ximalen Theile des Processus lateralis humeri (PL). Sein Vorderrand ist mehr (Testudo[1]), Emys) oder minder (Sphargis, Chelone) mit dem M. scapulo-procoraco-plastro-humeralis (*d*) vereinigt. Am ansehnlichsten ist der Muskel bei Emys und Chelone, am schwächsten bei Sphargis und Testudo entwickelt.

Der M. supracoracoideus (*spc*) entspringt von der Unterfläche des Coracoids (C) mit Ausnahme des medialen Endes und des hinteren Randes, von dem die Mm. coraco-brachiales (*cbbi* und *cbbe*) und coraco-antebrachialis (*bsp* und *bpr*) ausgehen, und heftet sich gemeinschaftlich mit dem M. supraprocoracoideus (*sppc*) am proximalen Theile des Processus lateralis des Humerus (PL) an. Seine Grösse ist am ansehnlichsten bei Chelone und Emys, am geringsten bei Sphargis und Testudo. In der Regel ist der Muskel ein wenig breiter und dünner als der M. supraprocoracoideus; nur bei Sphargis, wo der Ursprung nur von dem Vorderrande des Coracoids und dem daran angrenzenden Theile seiner Aussenfläche stattfindet, findet sich das umgekehrte Verhältniss.

Die Innervirung des M. supraprocoracoideus (*sppc*) geschieht durch den vorderen (14), die des M. supracoracoideus (*spc*) durch den hinteren Ast des N. supracoracoideus (13). Die Hautäste dieses Nerven treten entweder durch den M. supraprocoracoideus oder zwischen diesem und dem M. supracoracoideus an das Brustschild.

Beide Muskeln sind in ausserordentlich verschiedener Weise von den früheren Anatomen benannt und meist für ganz verschiedene Bildungen gehalten worden. Nur Oken und Pfeiffer haben ihre Zusammengehörigkeit erkannt, ohne indess sie richtig zu deuten. Der Supraprocoracoideus wurde bald als Theil des Pectoralis major, bald als Theil des Deltoideus, bald als besonderer Muskel gedeutet. Gegen eine Vergleichnng mit dem M. pectoralis oder deltoideus spricht der Ursprung, der weder am Sternum noch an Clavicula, sondern lediglich an Homologen des Processus coracoideus stattfindet, und vor allem die Innervirung durch den N. supracoracoideus, gegen die Vergleichung mit dem Supraspinatus der Ursprung an dem Procoracoid, das nie mit der den Säugethieren eigenthümlichen Fossa supraspinata identificirt werden kann. Rüdinger's Behauptung, dass der Muskel eine besondere den

1) Meckel führt an, dass bei Testudo alle 3 Theile der tiefen Schichte seines Brustmuskels zu einem einzigen dreieckigen Muskel vereinigt seien (dass also hier ein ähnliches Verhältniss wie bei Trionyx bestehe), eine Angabe, die ich nicht bestätigen kann.

Schildkröten zukommende und dem Menschen fehlende Bildung sei, ist richtig[1]), die Bezeichnung als Claviculo-brachialis hingegen verfehlt, da der Knochen, von dem er entspringt, nicht Clavicula sondern das Procoracoid ist. Im Supracoracoideus hat man ebenfalls ein Homologon für die verschiedensten Muskeln gefunden; er ist bald als Repräsentant des Supra- et Infraspinatus oder des Infraspinatus oder Supraspinatus allein bald als Theil des Deltoideus, bald als Theil des Pectoralis major, bald als Hakenarmmuskel, bald als besonderer Muskel beschrieben worden. Gegen die Homologie mit dem Supra- et Infraspinatus oder Infraspinatus oder Supraspinatus allein spricht der Ursprung, gegen die mit dem Hakenarmmuskel die Innervation, gegen die mit dem Deltoideus oder Pectoralis major Ursprung und Innervirung. PFEIFFER, STANNIUS und mit Beschränkung RÜDINGER[2]) constatiren mit Recht, dass

1) Uebrigens muss diese Behauptung erweitert werden, da der Muskel nicht ein M. proprius lediglich der Schildkröten ist, sondern da auch Homologe von ihm den übrigen Reptilien und den Amphibien zukommen.

2) RÜDINGER bemerkt noch auf S. 50: „Fände man genügende Gründe für die Annahme, dass die gegen das Kopfende des Thieres gerichtete Abtheilung des Schulterblattes während ihrer Entwickelung mit dem Processus coracoideus zu einem Knochen, dem Os coracoideum', verschmolzen sei, und die Ursprungsstelle für den erwähnten Muskel abgebe, so könnte man denselben füglich auch als M. supraspinatus bezeichnen, und zwar in anderem Sinne als dies von BOJANUS geschehen" und führt für diese Annahme (die, wenn ich RÜDINGER recht verstehe, es für wahrscheinlich hält, dass ein ursprünglicher vorderer der Fossa supraspinata entsprechender Theil der Scapula nach unten, also unterhalb der Gelenkhöhle für den Oberarm gerückt ist und sich mit dem inzwischen vergrösserten Processus coracoideus zu einem einzigen Knochen verbunden hat) auf S. 51 „mehrere triftige Gründe" an, von denen der erste die Theilnahme des Coracoid an der Bildung der Gelenkgrube, der dritte die Schmalheit der Scapula gegenüber der grösseren Breite des Coracoids, der zweite und vierte die Insertion des Omohyoideus und Serratus anticus major an dem Coracoid betont. Von diesen Gründen ist keiner von Bedeutung. Als ersten Grund führt RÜDINGER an, dass das Coracoid der Schildkröten (das also nach seiner Annahme die Ursprungsstellen des M. supraspinatus, d. i. der Fossa supraspinata und die obere Fläche der Spina scapulae enthalten soll) Antheil an der Bildung der Gelenkhöhle habe. Diese übrigens unbestrittene Thatsache könnte wohl zum Beweise verwerthet werden, — wenn die Fossa supraspinata und die obere Fläche der Spina scapulae in irgend welcher Beziehung zur Gelenkhöhle ständen. Da dies aber bekannter Maassen nicht der Fall ist und da ferner feststeht, dass bei einzelnen Säugethieren ausser dem Gelenktheil der Scapula gerade der Processus coracoideus, wenn auch meist nur zum kleinsten Theile, an der Gelenkhöhle participirt, so ist der erste Grund eine Behauptung, die mit dem zu beweisenden Gegenstande gar keinen logischen Zusammenhang hat. Im zweiten

der Muskel ein besonderer sei, der mit keinem des Menschen sich direct vergleichen lasse, geben ihm aber so indifferente Namen, dass jede vergleichend anatomische Beziehung verwischt wird. OWEN's Bezeichnung als Subcoracoideus, die übrigens keine vergleichend anatomische Bedeutung prätendirt, giebt nur zu Verwechselungen Anlass, da nach der allgemein angenommenen Nomenclatur unter Subcoracoideus ein an der Innenfläche des Cora-

Grunde scheint RÜDINGER aus der Schmalheit der Scapula und aus der Breite des Coracoids zu folgern, dass von der (beim Menschen breiten) Scapula das vordere Stück (Fossa supraspinata) weggenommen und dem Coracoid, das dadurch sich verbreitert habe, zugefügt worden sei. Diese Behauptung, wenn sie nur einigermaassen auf dem Boden der Wirklichkeit stände, würde jedenfalls durch die Untersuchung von Embryonen, irgend welche Bestätigung finden. Es ist aber durch RATHKE's Nachweise bekannt, dass bei den Embryonen Form und Proportionen der einzelnen Knochen des Brustgürtels schon denjenigen der erwachsenen Thiere sehr ähnlich sind und dass sich nirgends eine relative Verbreiterung der Scapula oder Verschmälerung des Coracoids findet. Aber selbst der Nachweis einer wirklichen Breitendifferenz bei Embryonen und erwachsenen Thieren ist so unwesentlich und von secundärer Wichtigkeit, dass er nie zum Beweise für eine Behauptung verwerthet werden kann, die so fundamentale Unterschiede in dem Brustgürtel der Chelonier gegenüber dem aller andern Wirbelthiere findet. Bei den Anuren z. B. zeigt die Scapula alle möglichen Uebergänge von schmal zu sehr breit, aber kaum jemals ist es einem Anatomen in den Sinn gekommen, daraus eine Wegnahme von wesentlichen Elementen und eine Verschiebung derselben auf andere Theile des Brustgürtels zu folgern. Gegen den zweiten und vierten Grund sprechen die aus einer genauen Vergleichung mit Nothwendigkeit hervorgehenden Thatsachen, dass der M. coraco-hyoideus der Chelonier durchaus kein specielles Homologon des M. omohyoideus des Menschen ist und dass der am Coracoid vornehmlich inserirende M. plastro-coracoideus (Costo-coracoideus RÜDINGER) einem ganz anderen Systeme angehört als der M. serratus anticus major des Menschen. Ueberdies ist schon von PFEIFFER (S. 11) mit Recht betont worden, dass die, nach Ursprung und Ansatz sehr veränderlichen, Muskeln ein wenig sicheres Beweismittel für die Deutung eines Knochenstückes bilden. — In der beigefügten Anmerkung (Anm. 1 Seite 51) behauptet RÜDINGER, dass nach seinen Untersuchungen an 3—4 Monate alten Embryonen „das ganze Caput humeri und der Processus coracoideus aus einem zusammenhängenden Knorpelstücke sich entwickeln". Diese Angabe, die sich übrigens auch später (auf Seite 72) wiederfindet, steht in gar keiner Beziehung zu den auf Seite 51 und 72 behandelten Punkten und ist, bis RÜDINGER nicht genügende Beweise für sie bringt, zum mindesten sehr anzuzweifeln. Vielleicht, obschon dagegen die Wiederholung spricht, liegt nur ein Schreibfehler vor, so dass für Caput humeri Collum scapulae oder Pars glenoidalis scapulae zu setzen wäre. Dann aber bringt die RÜDINGER'sche Untersuchung nur eine schon längst bekannte Thatsache zu Tage, die übrigens für den vorliegenden Punkt auch nicht als Beweis verwerthet werden kann.

coids- gelegener Muskel verstanden werden kann, und ist deshalb zu verwerfen. — Für beide Muskeln sind sehr leicht die Homologe bei den Amphibien zu finden, namentlich die Bildung bei Trionyx vermittelt in ausgezeichnetster Weise den Vergleich. Bei den Urodelen[1]) finden sich ein vom N. supracoracoideus innervirter M. supracoracoideus, der von der Aussenfläche des Coracoids entspringt, und ein vom N. supracoracoideus und N. dorsalis scapulae zugleich versorgter M. procoraco-humeralis, der von der Aussenfläche des Procoracoids entspringt; beide Muskeln sind nur künstlich zu trennen. Mit dieser Bildung zeigt die von Trionyx eine so auffallende Uebereinstimmung, dass der hinter dem (S. 254 beschriebenen) Spalte liegende Theil als ein vollkommenes Homologon des M. supracoracoideus der Urodelen und der vor dem Einschnitte liegende Theil als ein vollkommenes Homologon des M. procoraco-humeralis der Urodelen aufgefasst werden muss; nur der vom Brustschilde entspringende vorderste Abschnitt ist als eine neue den Cheloniern eigenthümliche Bildung in Abzug zu bringen. Bei den übrigen Cheloniern ist es zu weiteren Differenzirungen gekommen, welche die bei Trionyx klar ausgedrückte nahe Verwandtschaft der Bildungen von den Urodelen und Cheloniern weniger deutlich zeigen, hingegen mit den Bildungen der Anuren, namentlich der Aglossa, eine gewisse Aehnlichkeit darbieten[2]). Diese Differenzirungen beruhen vor Allem in einer Sonderung der von dem N. dorsalis scapulae und der von dem N. supracoracoideus versorgten Muskelpartien in einen M. scapulo-procoraco-plastro-humeralis und einen M. supracoracoideus, die beide noch mit ihren Rändern vereinigt sind (Testudo, Emys) oder eine vollkommene Trennung von

1) Bei den Anuren existiren einseitigere Differenzirungen, die eine Vergleichung mit den Cheloniern zwar noch gestatten, aber lange nicht so natürlich erscheinen lassen, wie bei den Urodelen.

2) Bei den Anuren ist ein Homologon des M. procoraco-humeralis der Urodelen durch die drei ziemlich selbstständigen Mm. episterno-cleido-humeralis longus, cleïdo-humeralis brevis und acromio-humeralis vertreten, von denen der zweite lediglich vom N. supracoracoideus, der dritte lediglich vom N. dorsalis scapulae versorgt wird, während der erstere noch von beiden innervirt ist und ausserdem noch mit dem M. supracoracoideus anticus zusammenhängt; durch die Verkümmerung aller von dem N. supracoracoideus versorgten Theile dieses Muskels (M. episterno-cleido-humeralis longus und cleido-humeralis brevis) und die damit in Correlation stehende bedeutende Ausbildung des M. cleido-acromio-humeralis ist es zu Bildungen gekommen, die mit der Ausbildung des ventralen Theiles des Deltoideus von Emys, Chelone und Testudo grosse Aehnlichkeit zeigen.

einander zeigen (Sphargis, Chelone). Ausserdem aber ist die vom N. supracoracoideus versorgte Muskelmasse in zwei den discreten Knochen entsprechende discrete Muskeln, den M. supraprocoracoideus (Homologon der vom N. supracoracoideus innervirten Theile des M. procoraco-humeralis der Urodelen und des M. episterno-cleido-humeralis der Anuren) und M. supracoracoideus (Homologon des M. supracoracoideus der Amphibien), zerfallen. In beiden Punkten spricht sich eine weit grösserere Verschiedenheit der Bildungen von Emys, Testudo, Chelone und Sphargis einerseits und der von Trionyx anderseits aus, als sie zwischen Trionyx und den Urodelen besteht.

7. Coraco-brachialis brevis externus (*cbbe*).

Grand rond: CUVIER, 1. éd. (cf. MECKEL).
Tiefer Oberarmstrecker: WIEDEMANN (cf. MECKEL).
Teres minor: BOJANUS (63), ANONYMUS, OWEN.
Coraco-brachialis: OKEN.
Vorderster Rückwärtswender (Hakenarmmuskel): MECKEL (No. 4).
Petite portion du coraco-brachial: DUMÉRIL (CUVIER).
Coraco-brachialis I und Coraco-brachialis: PFEIFFER (No. 5 u. 6)[1].
Bauch des Coraco-brachialis: STANNIUS.
Coraco-brachialis profundus proprius: RÜDINGER.

Sehr kleiner unter dem M. coraco-antebrachialis (*b*) liegender Muskel, der die Kapsel des Schultergelenks deckt. Er entspingt von dem lateralen Theile der hinteren Circumferenz des Coracoids und inserirt an der Gelenkkapsel und an der zwischen Processus lateralis und medialis liegenden Fossa intertubercularis (Fit) an der Beugeseite des Humerus; an seinem vorderen Theile wird er von dem (bei Trionyx wenig von ihm getrennten[2]) M. supracoracoideus (*spc*) gedeckt. Bei Testudo und demnächst bei Sphargis ist er am ansehnlichsten entwickelt, bei Trionyx und besonders bei Emys am schwächsten. Der Ursprung bietet bei den verschiedenen Gattungen Schwankungen dar: er findet bei Testudo an den lateralen zwei Dritteln, bei Sphargis an der lateralen Hälfte, bei Trionyx an dem lateralen Viertel und bei Emys am lateralen Fünf-

1) Ich finde zwischen PFEIFFER's No. 5 und 6 keinen wesentlichen Unterschied und kann nicht mit ihm übereinstimmen, dass sein Muskel No. 6 von früheren Autoren übersehen worden sei.

2) Der M. coraco-brachialis brevis externus ist deshalb von STANNIUS bei Trionyx übersehen worden.

tel des Coracoids statt; die Insertion ist ziemlich constant, nur die Beziehung zu dem M. humero-antebrachialis inferior (*hai*) variirt, derart, dass bei Trionyx oberflächliche Fasern des M. coraco-brachialis brevis externus durch Vermittelung einer linienförmigen Inscriptio tendinea sich mit diesem Muskel verbinden, während bei den anderen untersuchten Schildkröten ein kleinerer (Emys) oder grösserer Zwischenraum (Sphargis, Testudo) zwischen dem Ende der Insertion des M. coraco-brachialis brevis externus (*cbbe*) und dem Anfange des Ursprungs des M. humero-antebrachialis inferior (*hai*) sich findet; diese Variationen sind indess von der verschiedenen Entwickelung des letzteren Muskels abhängig.

Innervirt durch den N. coraco-brachialis brevis externus (22_b).

Die Deutung als Teres major oder Teres minor bedarf keiner Widerlegung, da längst bewiesen ist, dass der hintere ventrale Knochen des Brustgürtels keine Scapula ist. Dass Owen, obschon er den betreffenden Knochen ganz richtig deutet, trotzdem noch 1866 den Muskel als Teres minor anführt, hat keine vergleichend anatomische Bedeutung, sondern ist nur eine einfache Wiedergabe der Benennung von Bojanus. Der Auffassung Rüdinger's, wonach der Muskel als ein M. proprius aufgefasst wird, fehlt ein genügender Beweis, da jedenfalls Rüdinger's Vergleichung des M. coraco-brachialis brevis internus mit dem M. coraco-brachialis des Menschen eine Homologie des M. coraco-brachialis brevis externus mit dem menschlichen M. coraco-brachialis nicht ausschliesst. Dass ein Muskel des Menschen Homologon zweier oder mehrerer Muskeln eines anderen Wirbelthieres sein kann, und umgekehrt, ist bekannt und wird von ihm selbst an anderen Orten mit Recht betont. — Nach Ursprung und Insertion, nach Lage und Innervirung ist der Muskel ein M. coraco-brachialis und entspricht am meisten dem M. coraco-brachialis brevis der Urodelen, sowie dem M. coraco-brachialis brevis externus der aglossen Anuren.

8. Coraco-brachialis brevis internus (*cbbi*).

Unterschulterblattmuskel, Subscapularis: Wiedemann (cf. Meckel), Bojanus (No. 64), Anonymus.
Supraspinatus: Oken.
Unterschulterblattmuskel oder hinterer grösserer Hakenarmmuskel: Meckel (No. 5).
Grand portion du coraco-brachial: Duméril (Cuvier)[1].

[1]) Vielleicht auch Theil des Sous-scapulaire.

Coraco-brachialis II.: PFEIFFER.
Bauch des Coraco-brachialis: STANNIUS.
Supercoracoideus: OWEN.
Coraco-brachialis: RÜDINGER.

Mächtiger von dem vorigen durch einen den N. brachialis longus inferior (21) und dessen Rr. musculares durchlassenden Spalt getrennter Muskel, der vom Coracoid (C) entspringt und am Processus medialis humeri (PM) gemeinsam mit dem ungefähr gleich grossen M. subscapularis (*sbsc*) inserirt. Sein Ursprung findet entweder statt an der Aussenfläche des Coracoids (Chelone cf. MECKEL und DUMÉRIL) oder an der Innenfläche und in letzterem Falle entweder in der ganzen Ausdehnung derselben mit Ausnahme des medialen und lateralen Endes (Trionyx, Sphargis) oder nur im Bereiche der medialen kleineren Hälfte. (Emys, Testudo)[1]); die Insertion nimmt vorzugsweise die proximale Hälfte der Medialfläche des Processus medialis ein. Die Grösse des Muskels ist eine ziemlich constante; nur bei Trionyx ist der Muskel etwas kleiner als bei den übrigen Cheloniern.

Innervirt durch den N. coraco-brachialis brevis internus (22_a).

Die Vergleichung mit dem M. subscapularis im engeren Sinne wird durch den Ursprung vom Coracoid, die Vergleichung im weiteren Sinne, also mit dem M. subcoracoideus der Urodelen, durch die Innervirung durch einen Muskelast des N. brachialis longus inferior verboten. OKEN's Identificirung mit dem M. supraspinatus beruht auf einer Ueberschätzung des bestimmenden Einflusses der Muskeln auf die Deutung der Knochen und ist eine Verirrung, die bei einen kritischen Anatomen von OKEN's Bedeutung Wunder nimmt. Für OWEN's Bezeichnung als Supercoracoideus gilt das bei Gelegenheit des M. supracoracoideus (S. 257) Gesagte. — Der Muskel gehört zu dem Systeme der Mm. coracobrachiales und ist ein specielles Homologon des M. coraco-brachialis brevis internus der Anuren; Ursprung, Insertion und Innervation theilt er mit diesem Muskel. Eine Ausnahme scheint Chelone

---

1) RÜDINGER giebt an, dass der Muskel grösstentheils von dem hinteren Rande und der nach oben gegen die Brusthöhle gerichteten Fläche des Os coracoideum, sowie von dem Schlüsselbeine (Procoracoid GEGENBAUR's) und der dasselbe mit dem Os coracoideum verbindenden Membran (Ligamentum epicoracoideum) entspringe. Ein Ursprung vom Procoracoid wurde von keinem andern Untersucher gefunden und ist auch wegen der Lage des am Coracoid inserirenden M. plastro-coracoideus, der den M. coracobrachialis brevis internus vorn begrenzt, nicht gut möglich.

(nach MECKEL's und DUMÉRIL's Untersuchung) zu bilden, wo der Ursprung an der Aussenfläche des Coracoids stattfindet; in diesem Falle ist eine Homologie mit dem M. coraco-brachialis brevis posterior (und externus) der Anuren aufrecht zu halten.

9. Coraco-antebrachialis (Biceps brachii) (*b*).

Testudo, Sphargis, Chelone: Coraco-antebrachialis.
Trionyx, Emys: Coraco-radialis superficialis (*bsp*) und Coraco-antebrachialis profundus (*bpr*).
Scapulo-ulnaris: WIEDEMANN (cf. MECKEL).
Biceps brachii: BOJANUS (No. 66), ANONYMUS, OKEN, DUMÉRIL (CUVIER), PFEIFFER.
Langer Beuger des Vorderarms: MECKEL No. 1.
Mm. flexores abducentes des Vorderarms: STANNIUS.
Biceps brachii s. flexor antibrachii: RÜDINGER.

Ziemlich ansehnlicher von dem Coracoid (C) entspringender, in der Fossa intertubercularis (Fit) verlaufender und an der Beugeseite der Vorderarmknochen resp. der Hand inserirender Muskelcomplex, der sich bei den einzelnen Gattungen sehr verschieden verhält. Bei Testudo existirt ein kräftiger Muskel, der vom medialen Drittel der Aussenfläche des Coracoids entspringt und distal von der Fossa intertubercularis in eine ganz im Bereiche der hinteren drei Fünftel des Oberarms frei verlaufende, nicht dem M. humero-antibrachialis inferior aufliegende, kräftige Sehne übergeht, die am Anfange von Radius und Ulna inserirt. Bei Sphargis und Chelone ist der Muskel schlank und lang; er entspringt von dem medialen Drittel der hinteren Hälfte der Aussenfläche und von dem Hinterrande des Coracoids und theilt sich im Verlaufe des Oberarms in zwei Bäuche, von denen der oberflächlichere an der Aponeurose der Hohlhand und den Ossa carpalia I. und II. sich ansetzt, der tiefere gemeinsam mit dem M. humero-antebrachialis inferior am Anfange des Radius und der Ulna inserirt. Bei Trionyx und Emys sind zwei Muskeln vorhanden. Der oberflächliche Muskel (M. coraco-radialis superficialis (*bsp*)[1]) entspringt von dem Hinterrande des Coracoids (C) mit Ausnahme des lateralen Viertels (Trionyx) oder im Bereiche der medialen Hälfte (Emys) und inserirt mit schlanker Sehne an dem distalen Ende des Radius und der Aponeurose der Hand (Trionyx) oder an der Vorderarmfascie und dem distalen Drittel des Radius (R) (Emys). Bei Trionyx ist er ein kräftiger Muskel von homogener Beschaf-

1) Caput alterum m. bicipitis brachii: BOJANUS (66[11]).

fenheit, der nur in der Gegend der Gelenkkapsel eine linienförmige, leicht zu übersehende Inscriptio tendinea zeigt; bei Emys ist der Muskel schwächer, an Stelle der Inscriptio findet sich eine schlanke in der Fossa intertubercularis liegende Sehne, die den Muskel in einen proximalen (*bsp*) am Brustgürtel und einen distalen (bsp_1) in der Mitte des Oberarms liegenden Bauch scheidet. Der tiefe Muskel (M. coraco-antebrachialis profundus (*bpr*) [1]) ist bei Trionyx schwächer, bei Emys stärker als der M. coraco-radialis superficialis (*bsp*), von dem er bedeckt ist. Er entspringt zwischen diesem Muskel und dem M. coraco-brachialis brevis externus (*cbbe*) vom Hinterrande des Coracoid (C) und geht, in der Gelenkgegend und in der Fossa intertubercularis (Fit) direct dem M. coraco-brachialis brevis externus (*cbbe*), am Oberarme dem M. humero-antebrachialis inferior (*hai*) aufliegend, an der Beugeseite des Oberarms nach dem Vorderarme, wo er gemeinschaftlich mit letzterem Muskel an dem Anfange des Radius (R) und der Ulna (U) inserirt [2]), indem er mit kräftiger Sehne zwischen die langen Streck- und Beugemuskeln der Hand eindringt.

Innervirt durch d. N. coraco-antebrachialis (22_b).

Die Verwandtschaft dieses Muskels mit dem Biceps hominis ist von allen Untersuchern mit wenigen Ausnahmen erkannt worden. Er ist eine den Amphibien abgehende und zuerst bei den Cheloniern auftretende Bildung; CUVIER's (1. éd., cf. MECKEL) Vergleichung mit dem M. sterno-radialis der Anuren (M. coraco-radialis proprius) ist trotz MECKEL's Zustimmung falsch, da dieser Muskel von dem N. supracoracoideus innervirt wird. Die Homologie mit dem menschlichen Biceps ist keine vollkommene [3]), da dieser Muskel in der Regel mit 2 Köpfen entspringt, von denen der kurze ausserhalb des Sulcus bicipitalis (Homologon der Fossa intertubercularis) verläuft und nur im Anfange des Radius in-

1) Caput primum m. bicipitis brachii: BOJANUS (66[1]).

2) Die Insertion an Radius und Ulna war bei allen untersuchten Exemplaren nachweisbar; DUMÉRIL's, PFEIFFER's und STANNIUS' Darstellungen, nach denen nur eine Insertion am Radius existirt, beruhen wahrscheinlich auf ungenauer Untersuchung. RÜDINGER giebt auf S. 49 und 50 allenthalben nur eine Insertion am Radius an, während er auf Seite 97 für denselben Muskel bei denselben Thieren auch eine Insertion an der Ulna beschreibt, ohne indess seine früheren Angaben zu widerrufen. — Der Irrthum CUVIER's (1. éd. cf. MECKEL), der den Muskel an dem Ende des Humerus sich anheften lässt, ist schon von MECKEL hervorgehoben worden.

3) Dieser Umstand hat STANNIUS veranlasst, einen indifferenten Namen zu gebrauchen.

serirt. Es ergiebt aber die Untersuchung der Säugethiere einmal, dass das Caput breve bicieptis eine erst bei diesen auftretende Bildung ist, dann, dass der Biceps bei den meisten Säugethieren in gleicher Weise an Ulna und Radius inserirt, ein Verhalten, das auch Varietäten des menschlichen Biceps darbieten. Mit dieser Erweiterung des Begriffes des Biceps ist eine directe Vergleichung des Muskels der Chelonier mit dem langen Kopfe des Biceps des Menschen zulässig. Der Zerfall in einen oberflächlichen und tiefen Muskel ist den Chelonier eigenthümlich, ebenso die sehr distale Insertion des oberflächlichen Theils. Ob der einfache Muskel (bei Testudo) eine Rückbildung complicirterer Verhältnisse (wie sie sich bei Trionyx und Emys finden) ist oder ob sich letztere erst aus einfacheren, denen bei Testudo ähnlichen, Bildungen entwickelt haben, bedarf noch der Entscheidung.

10. Humero-antebrachialis inferior (Brachialis inferior) (*hai*).

Brachialis internus: Bojanus (No. 67), Stannius, Owen, Rüdinger.
Kurzer Beuger des Vorderarms: Meckel (No. 2).

Verschieden grosser Muskel an der Beugeseite des Oberarms, der von dem M. coraco-antebrachialis profundus (*bpr*) in der Regel gedeckt ist, an der Beugeseite des Humerus entspringt und gemeinsam mit dem M. coraco-antebrachialis profundus (*bpr*) an dem Anfange von Radius und Ulna inserirt[1]). Der Muskel ist sehr dick und kräftig bei Emys und namentlich Trionyx, wo er ca. drei Fünftel der Circumferenz des Oberarms einnimmt, schwach hingegen bei Testudo und namentlich Sphargis und Chelone. Die obere Grenze des Ursprungs liegt bei Trionyx und Emys in der Fossa intertubercularis (Fit), bei ersteren ist der oberflächliche Theil des Muskels mit dem oberflächlichen des M. coraco-brachialis brevis externus mittelst einer linienförmigen Inscriptio tendinea verwachsen, bei letzterem existirt ein schmaler Zwischenraum zwischen seinem Anfange und dem Ende des letzteren Muskels; bei Testudo und Chelone beginnt der Ursprung erst am Ende der Fossa; bei Sphargis beschränkt er sich auf die distale Hälfte des Humerus. An dem distalen Abschnitte ist bei Chelone, Emys und Testudo ein

1) Die radiale Insertion wird von Meckel bei Testudo und Emys geleugnet, bei Chelone anerkannt.

tiefer selbstständig inserirender und eine oberflächlicher mit der Endsehne des M. coraco-antebrachialis profundus sich verbindender Theil zu unterscheiden. Lateral grenzt der Muskel an den M. brachio-radialis an, mit dem er mehr (Trionyx, Testudo) oder minder (Emys, Sphargis) verwachsen ist.

Innervirt durch einen oder zwei Rr. musculares des N. brachialis longus inferior (24).

Der Muskel ist ein specielles Homologon des gleichbenannten der Urodelen und somit, nach der jetzt gültigen Nomenklatur[1]) sowohl dem menschlichen Brachialis internus wie den von dem Humerus entspringenden inconstanten Köpfen des Biceps brachii (dritter, vierter und fünfter Kopf der Autoren) vergleichbar.

11. Testo-humeralis dorsi (Latissimus dorsi)[2]) (*ld*).

Latissimus dorsi, Grand dorsal: Bojanus (No. 58), Duméril (Cuvier), Rathke, Owen, Rüdinger.
Zweiter Vorwärtszieher oder breiter Rückenmuskel: Meckel (No. 2).

Mittelgrosser, in der Regel ziemlich schmaler Muskel auf der Aussenfläche des dorsalen Abschnittes des Brustgürtels, der die Mm. subscapularis (*sbsc*) und deltoideus scapularis (*dsc*) resp. teres major deckt. Er entspringt in verschiedener Ausdehnung von dem vorderen Theile des Rückenschildes, in der Regel vor dem M. serra-

1) Die Scheidung und Benennung des Biceps und Brachialis internus, wie sie sich in den anatomischen Handbüchern findet, ist vergleichend anatomisch nicht zu billigen. Die Untersuchung an Thieren wie die Berücksichtigung der menschlichen Varietäten weist vielmehr darauf hin, alle von dem Processus coracoideus zu den beiden Vorderarmknochen und alle von dem Humerus zu den beiden Vorderarmknochen gehenden Muskeltheile für sich zu betrachten; für die ersteren (Mm. coraco-antebrachiales) kann der Name Biceps, für die letzteren (Mm. humero-antebrachiales inferiores) der Name Brachialis inferior (internus) gebraucht werden.

2) Stannius sagt: „Statt eines Latissimus dorsi ist ein Muskelbauch vorhanden, der unter der vordersten Seitenplatte des Rückenschildes entsteht und einwärts vom Tuberculum externum endet". — Die S. 46 Anm. 1 gemachte Angabe Rüdinger's, dass nach Anonymus (Oken's Isis 1817) der M. latissimus dorsi bei den Schildkröten fehle, ist falsch. Anonymus giebt allerdings an, dass ein Muskel den Schildkröten fehle; dies ist aber nicht der Latissimus dorsi, sondern, wie auf S. 489, Isis 1827 zu lesen ist, die von Meckel (Ornithorrhynchi paradoxi descriptio anatomica S. 26) beschriebene Pars scapularis latissimi dorsi von Ornithorrhynchus.

tus (*ts*), und geht nach unten medialwärts am Anfange des M. anconaeus scapularis lateralis (*as*) vorbei nach dem Oberarm, wo er lateral (meiste Chelonier) oder distal vom Processus medialis humeri (PM) (Testudo) inserirt. Der Muskel ist am breitesten bei Chelone und Sphargis, etwas schmäler bei Emys und Testudo, am schwächsten bei Trionyx. Bei Trionyx entspringt er nur an der Nackenplatte, bei Testudo an dieser und in der Höhe der beiden ersten Querfortsätze, bei Emys, Pentonyx und Terrapene in der Höhe des zweiten Querfortsatzes, bei Chelone in der Höhe des zweiten und dritten Querfortsatzes vom Rückenschilde [1]). Bei Embryonen resp. jungen Thieren mit discreten Querfortsätzen ist ein directer Ursprung von dem vorderen Rande des zweiten resp. ersten und zweiten Querfortsatzes [2]) nachweisbar, der Ursprung in der Höhe des dritten Querfortsatzes (Chelone) ensteht erst im späteren Verlaufe der Entwickelung durch Uebergreifen der Muskelfasern nach hinten. Der Muskel ist ganz selbstständig bei Trionyx, Emys europaea, Sphargis und Chelone (cf. Meckel), bei Emys serrata und Testudo hingegen finden sich Verbindungen mit den anliegenden Muskeln, und zwar bei Testudo [3]) mit dem M. teres major, der in seinem Muskeltheile ganz innig mit dem M. latissimus dorsi vereinigt und nur mit seinem sehnigen Ende selbstständig ist, bei Emys serrata mit dem M. deltoideus scapularis (*dsc*), der mit dem Latissimus dorsi (*ld*) eine Endsehne bildet, die durch den M. anconaeus scapularis lateralis (*asl*) wiederum in zwei gespalten wird, die lateral (Deltoideus) und medial (Latissimus) von diesem Muskel an den Humerus gehen. Eine theilweise Verbindung mit dem M. anconaeus scapularis findet sich inconstant bei Emys europaea.

Innervirt durch den N. latissimus dorsi (34).

Der Muskel ist, wie sämmtliche Untersucher richtig erkannt haben, Homologon des Latissimus dorsi. Den Cheloniern eigenthümlich ist die geringe Breite, ein Verhältniss, das an die Bildungen bei vielen Anuren erinnert. Weitere und zwar sehr grosse Uebereinstimmungen mit diesen finden sich in dem bei Embryonen nach-

1) Die Angaben des Ursprunges von Chelone, Pentonyx und Terrapene sind Rathke's Untersuchungen entnommen.

2) Für Sphargis juv. fand ich ganz deutlich einen Ursprung an dem ersten und zweiten Querfortsatze und stehe hierin im Widerspruch mit Rathke, der eine Anheftung nur an dem zweiten Querfortsatz angiebt.

3) Meckel beschreibt bei Testudo (Species unbestimmt) eine Vereinigung mit dem M. deltoideus, Rüdinger bei Testudo graeca eine Verbindung mit dem Triceps brachii. Bei dem untersuchten Exemplare von Testudo tesselata ist der Muskel ganz selbstständig.

weisbaren Ursprunge von den Querfortsätzen, sowie in der theilweisen Vereinigung mit dem dorsalen Abschnitte des Deltoideus, der dem Dorsalis scapulae der Anuren homolog ist. Der Ursprung von dem Rückenschilde bei den erwachsenen Thieren ist eine aus dessen Bildung leicht erklärbare nur secundäre Anpassung, die Verbindung mit dem Teres major (bei Testudo) ist nur von geringer Bedeutung, da sie nicht wie die mit dem Deltoideus an dem Insertionstheile, sondern lediglich an dem Ursprungstheile stattfindet.

12. Scapulo-procoraco-plastro-humeralis (Deltoideus) (*d*).

Trionyx: Procoraco-plastro-humeralis.
Uebrige untersuchte Chelonier: Scapulo-procoracoplastro-humeralis.

a) Pars scapulo-humeralis[1] (*dsc*).
Pars III. m. deltoidis e. p.: BOJANUS (60c), OWEN.
Pars acromialis m. deltoidis e. p.: ANONYMUS.
Infraspinatus: OKEN.
Erste Portion des Vorwärtsziehers des Oberarms oder grosser runder Muskel: MECKEL (No. 1).
Supraspinatus, Infraspinatus und wahrscheinlich auch Teres minor: DUMÉRIL (CUVIER).
Supraspinatus, Infraspinatus: PFEIFFER.
Deltoides e. p.: RÜDINGER.

b) Pars procoraco-humeralis (*dpc*).
Pars III. e. p. und vielleicht auch P. II. m. deltoidis e. p.: BOJANUS (60c u. 60b), OWEN.
Pars acromialis e. p. und vielleicht auch P. coracoidea m. deltoidis e. p.: ANONYMUS.
Infraspinatus e. p. und vielleicht auch Deltoideus acromialis e. p. OKEN.
Zweite Portion des Vorwärtsziehers des Oberarms (Deltoides oder Obergrätenmuskel: MECKEL (No. 1).
Deltoides (Deltoïde) e. p.: DUMÉRIL (CUVIER), PFEIFFER, STANNIUS, RÜDINGER.

c) Pars plastro-humeralis (*dpl*).
Pars I. m. deltoidis: BOJANUS (60a), OWEN.
Pars sterno-clavicularis m. deltoidis: ANONYMUS.
Pars sternalis und P. clavicularis m. deltoidis: OKEN.

---

1) Von STANNIUS wird ein Muskel, der einigermaassen der P. scapulo-humeralis entspräche, nicht angeführt.

Dritte Portion des Vorwärtsziehers des Oberarms oder der ganze Deltamuskel oder vorderer Theil der oberflächlichen Schichte des grossen Brustmuskels (?): MECKEL.
Portion du grand pectoral, Theil des Pectoralis major, (Vorderer) Bauch des Pectoralis major: DUMÉRIL (CUVIER), RATHKE, STANNIUS.
Deltoideus e. p.: PFEIFFER.
Pars clavicularis m. pectoralis major: RÜDINGER.

Sehr ansehnliche breite Muskelmasse am vorderen Theile des Brustgürtels, die zwei Hauptformen der Entwickelung darbietet, deren eine durch Trionyx, deren andere durch die übrigen untersuchten Chelonier repräsentirt ist.

Von der bei Trionyx schon unter No. 6 (Supracoracoideus) S. 253 f. beschriebenen grossen Muskelausbreitung an der Unterfläche der Brust wird der vordere von der Innenfläche des Brustschilds, von dem Procoracoid und dem vorderen Theile des Ligamentum epicoracoideum entspringende und am Processus lateralis inserirende Abschnitt, M. procoraco-plastro-humeralis, in gleicher Weise von dem N. supracoracoiodeus (14) und dem N. dorsalis scapulae (33) innervirt, ohne dass die geringste Scheidung der beiden durch die Nerven bestimmten Muskelbezirke nachweisbar wäre.

Bei den übrigen untersuchten Cheloniern findet sich eine vollkommene Trennung, derart, dass der von der unteren Fläche des Procoracoids entspringende Theil, M. supraprocoracoideus (*sppc*), lediglich von dem vorderen Zweig des N. supracoracoideus (14), der von dem Brustschild, dem vorderen Rande des Procoracoid und der Scapula entspringende und an dem Processus lateralis inserirende Theil, M. scapulo-procoraco-plastro-humeralis (*d*), lediglich von Theilen des N. dorsalis scapulae (31+33) innervirt wird. Der Scapulo-procoraco-plastro-humeralis bildet einen breiten mittelstarken Muskel, an dem ein ventraler, vom Plastron und Procoracoid entspringender (Pars procoraco-plastro-humeralis, (*dpc*+*dpl*)) und ein dorsaler von der Scapula entspringender Theil (Pars scapulo-humeralis (*dsc*)) unterscheidbar sind; der ventrale Theil inserirt mehr distal am Processus lateralis des Oberarms (PL) als der dorsale; namentlich bei Sphargis und Chelone ist dies Verhältniss deutlich ausgesprochen, wo die Insertionspunkte beider entsprechend der besonderen Differenzirung des Pr. lateralis weit auseinandergerückt sind. Beide Theile sind deutlich geschieden (Sphargis, Chelone) oder mehr (Testudo) oder minder

(Emys) mit einander verwachsen. Eine Trennung des ventralen Theiles in einen Plastro-humeralis und einen Procoraco-humeralis kommt nirgends zur Beobachtung [1]), derselbe bildet vielmehr eine ganz homogene Schichte, deren vordere Fasern übrigens z. Th. auch mit denen der Gegenseite zusammen hängen. Der ventrale Abschnitt bietet bei allen Cheloniern ähnliche Beziehungen dar, der dorsale hingegen differirt sowohl in der Grösse, die bei Sphargis, Emys europaea geringer, als bei Chelone, Emys serrata und Testudo ist, als auch im Ursprunge, der bei Emys europaea und Testudo nur auf die unteren zwei Drittel, bei Emys serrata, Sphargis und Chelone auf die ganze Länge des Vorderrandes der Scapula ausgedehnt ist. Bei Emys serrata ist der dorsale Abschnitt theilweise mit M. latissimus dorsi (*ld*) verwachsen [2]).

Innervirt durch den N. dorsalis scapulae (31+33).

Jede Vergleichung des ventralen Theiles mit dem M. pectoralis major ist durch die Innervirung vollkommen ausgeschlossen. Eine Homologie mit dem M. infraspinatus oder supraspinatus, welche erstere Oken bei Emys und welche letztere Meckel befürwortet, ist nur bei Trionyx mit Beschränkung anzunehmen, bei allen anderen Cheloniern hingegen wegen der alleinigen Innervirung durch den N. dorsalis scapulae zurückzuweisen. Aus demselben Grunde ist auch die Vergleichung des dorsalen Theiles mit dem Supra- und Infraspinatus nicht erlaubt. Gegen eine Homologie mit dem Teres major spricht die Insertion, die am Processus lateralis, und der Verlauf, der lateral vom M. anconaeus scapularis stattfindet. — Der Muskel bietet bei Trionyx, wie dies schon S. 254 nachgewiesen worden, ein specielles Homologon des M. procoraco-humeralis der Urodelen dar; der Ursprung an dem Plastron ist nur eine secundäre Anpassung, die durch die Entwickelung vorderer, mit denen der Gegenseite in Verbindung stehender, Fasern vermittelt wird. Bei den übrigen untersuchten Cheloniern zeigt der Muskel Beziehungen, die theilweise an die Bildungen bei den aglossen Anuren erinnern, theil-

1) Die von früheren Untersuchern angegebene Scheidung des Deltoides in drei Theile ist mehr theoretisch als in Wirklichkeit vorhanden. Die hier vor der Beschreibung angeführte Nomenklatur der Autoren ist darum nur aus praktischen Gründen in drei Abschnitte geschieden und soll damit durchaus nicht die Trennung des Muskels in die P. scapulo-humeralis, die P. procoraco-humeralis und die P. plastro-humeralis bestätigt werden.

2) Meckel giebt für Testudo eine vollkommene Verwachsung mit dem M. latissimus dorsi an; das untersuchte Exemplar von Testudo tesselata zeigt dieselbe jedenfalls nicht.

weise ganz neu sind. Diese bestehen einmal in der vollkommenen Trennung des ventralen Theils von dem Systeme des M. supracoracoideus, dann in der Verbindung eines dorsalen, von der Scapula entspringenden, Theiles mit dem ventralen zu einem Muskel. Der ventrale Theil (M. procoraco-plastro-humeralis) ist durch eines Insertion und Innervirung (durch den den N. dorsalis scapulae (axillaris)) dem M. deltoideus verwandt, durch seinen Ursprung von dem Plastron und dem Procoracoid hingegen von ihm verschieden. Dieser Unterschied ist aber nicht wesentlich genug, um die durch die Insertion und Innervirung festgestellte Verwandtschaft aufzuheben. Da das Plastron nur eine ganz secundäre Anpassung ist, so ist auf den Ursprung von demselben wenig Gewicht zu geben. Mehr Bedeutung hat die Beziehung zum Procoracoid, da nachweisbar in demselben keine Elemente einer Clavicula enthalten sind und damit auch die directe Vergleichung mit der Pars clavicularis m. deltoidei zunächst unmöglich erscheint. Da aber bei den nahe verwandten Anuren das Procoracoid den Boden für die Entwickelung der Clavicula bildet, da ferner bei den Anuren Muskelbildungen von der Clavicula entspringen, die den bei den Urodelen vom Procoracoid kommenden vollkommen homolog sind [1]), so ist eine Vergleichung zwischen der Pars procoraco-plastro-humeralis der Chelonier und der Pars clavicularis des menschlichen Deltoideus erlaubt, mit der Beschränkung, dass die Homologie keine complete ist. Der dorsale Theil (M. scapulo-humeralis) entspricht nach Ursprung, Insertion und Innervirung dem vorderen Abschnitte des M. dorsalis scapulae der Amphibien und somit auch dem M. deltoideus und teres minor des Menschen. Der relative Antheil jedes der beiden Muskeln läst sich nicht bestimmen [2]), da mit Sicherheit erst innerhalb der Säugethiere deren Differenzirung, wie sie beim Menschen besteht, zur Beobachtung kommt. — Der Vereinigung des ventralen und dorsalen Theiles zu einem Muskel [3]), die

---

1) Noch beweisender ist der Ursprung des Deltoideus bei den Chamaeleonten den kionokranen Sauriern gegenüber. Bei letzteren entspringt der ventrale Theil desselben von der Clavicula, die bekanntlich das Coracoid nicht einmal berührt, bei ersteren hingegen kommt das Homologon dieses Theils von dem Vorderrande des Coracoids und sogar von einem Theile des Sternums, also von Skelettheilen, die nicht die geringste nähere örtliche Beziehung zu einander haben. Jedenfalls zeigt dieses Beispiel sehr deutlich, wie wenig zuverlässig eine auf die Constanz des Ursprungs sich stützende Vergleichung ist.

2) Rüdinger betont auch mit Recht (S. 57), dass der Teres minor bei den Cheloniern nicht als selbstständiger Muskel vorhanden sei.

3) Eine Andeutung dieser Vereinigung bieten übrigens einzelne Anuren

an die Bildung beim Menschen erinnert, ist nur mit Beschränkung eine vergleichende Bedeutung beizumessen; dieselbe steht hauptsächlich zu der festen knöchernen Vereinigung der Scapula und des Procoracoids in Correlation und bietet in dieser Hinsicht wenig Uebereinstimmung mit den Verhältnissen bei dem Menschen, wo Scapula und Clavicula beweglich mit einander verbunden sind. Mehr Beachtung verdient die gegenseitige Lage der Insertionen des dorsalen und ventralen Theiles, ein Verhältniss, das sich bei den übrigen Reptilien, bei den Vögeln und Säugethieren wiederfindet und zu der Rotation des Oberarms in Beziehung steht, wie in späteren Capiteln im Zusammenhange ausgeführt werden wird.

13. Teres major[1]).

Grand rond, Teres major: DUMÉRIL (CUVIER), RÜDINGER.
Teres: STANNIUS.

Mittelstarker Muskel, der von dem Vorderrande[2]) der Scapula entspringt, den M. subscapularis deckend und von ihm durch den N. dorsalis scapulae geschieden nach unten verläuft und medial am M. anconaeus scapularis vorbei an die Streckseite des Humerus in der Nähe des Processus medialis geht, wo er inserirt. Er fehlt Emys europaea, serrata und Sphargis und kommt nur zur Beobachtung bei Trionyx, Chelone (DUMÉRIL) und Testudo (tesselata). Bei Trionyx nimmt sein Ursprung die vordere Circumferenz der oberen Hälfte der Scapula ein, bei Testudo nur das oberste Ende. Der Muskel steht in mehr oder weniger naher Beziehung zum M. latissimus dorsi: bei Trionyx ist er im grössten Theile seines Verlaufs selbstständig und verbindet sich nur an der Insertion mit ihm zu einer gemeinschaftlichen Endsehne, deren lateralen Theil bildend, bei Testudo ist der Muskel nahezu in seiner ganzen Länge innig mit dem Latissimus dorsi verwachsen, derart, dass nur am Insertionstheil eine kleine sich ablösende Sehne, die lateral neben der breiteren des Latissimus inserirt, seine Existenz kennzeichnet.

Innervirt durch den N. teres major (29_b).

Der Muskel ist, wie auch DUMÉRIL und RÜDINGER hervorheben,

(Rana, Ceratophrys, Trachycephalus, Phyllomedusa) bereits dar, bei denen eine theilweise Verwachsung der Endsehne des Dorsalis scapulae mit dem Acromio-humeralis zur Beobachtung kommt.

1) Von MECKEL wird ein Teres major aufgeführt, der aber wahrscheinlich nur Theil des M. deltoideus ist (siehe oben S. 267).

2) STANNIUS lässt den M. teres vom Hinterrande der Scapula entspringen.

ein Teres major: Insertion, Innervirung, Lage zum N. dorsalis scapulae und Beziehung zum M. latissimus dorsi hat er mit der entsprechenden menschlichen Bildung gemein, von der er sich nur durch den weit nach vorn liegenden Ursprung an der Scapula unwesentlich unterscheidet. — Der Teres major findet sich zuerst bei den Cheloniern, er fehlt bei den Amphibien. Ueber die Art seiner Bildung, ob er ein Abkömmling des M. latissimus dorsi oder des M. subscapularis oder ob er ein selbstständig und ganz neu entstandener Muskel ist, geben die Verhältnisse bei den Cheloniern keinen sichern Aufschluss. Für eine nähere Beziehung zum M. latissimus dorsi spricht Testudo, für eine ursprüngliche Zusammengehörigkeit mit dem M. subscapularis Trionyx; letzteres Verhältniss ist von grösserer Bedeutung, da Trionyx dem ursprünglichen Stamme der Chelonier näher steht, als die mehrfache secundäre Anpassungen eingegangene Testudo. Für die Annahme einer ganz unvermittelten Neubildung bietet sich kein Anhalt dar, dagegen spricht vor Allem das ganz generelle Bedenken, welches gegen jede Hypothese einer Neuentstehung geltend zu machen ist.

14. Subscapularis (*sbsc*).

Claviculo-brachialis: Wiedemann (cf. Meckel), Bojanus (No. 61), Owen.
Supraspinatus: Anonymus.
Subscapularis Sous-scapulaire: Oken, Duméril (Cuvier), Pfeiffer, Stannius.
Auswärtswender, ganzer äusserer Schulterblattmuskel oder wenigstens Untergrätenmuskel: Meckel (No. 6).
Subscapularis und Infraspinatus oder Subscapularis proprius: Rüdinger.

Mächtiger von den Mm. deltoideus (*d*), latissimus dorsi (*ld*) und teres major bedeckter Muskel an der Scapula (S), der am Processus medialis (PM) des Humerus gemeinsam mit dem gleich grossen oder nur wenig kleineren M. coraco-brachialis brevis internus (*cbbi*) inserirt. Sein Ursprung[1]) nimmt die innere hintere und äussere Circumferenz der ganzen Länge der Scapula mit Ausnahme ihres unteren Fünftels ein, seine Insertion findet entweder lediglich an der Streckseite und dem distalen Theile des Processus

1) Duméril beschreibt auch einen Ursprung von der oberen Fläche des Coracoids. Vielleicht versteht er unter dem von dieser entspringenden Theile eine Portion des M. coraco-brachialis brevis internus.

medialis (PM) statt oder sie nimmt auch ausserdem noch eine längere Strecke des Humerus distal von dem Processus medialis ein (Sphargis). Bei Trionyx ist der Muskel deutlich in einen oberflächlicheren, kräftigeren und längeren Theil (M. subscapularis longus), der von den oberen zwei Fünfteln der Scapula, und einen tieferen, schwächeren und kürzeren Theil (M. subscapularis brevis) zerfallen [1]), der von dem dritten und vierten Fünftel der Scapula, von obenher gezählt, entspringt. Bei Emys ist diese Trennung nur angedeutet, bei Testudo ist sie nicht vorhanden.

Innervirt durch den N. subscapularis (29).

Die Benennung Claviculo-brachialis von Bojanus, die Owen neuerdings wiedergiebt, braucht keine Widerlegung. Gegen eine Deutung als Supraspinatus oder Infraspinatus spricht die Insertion und vor Allem die Innervirung. Rüdinger, der ihn z. Th. als Homologon des Subscapularis, z. Th. als Subscapularis proprius oder Homologon des Infraspinatus auffasst, hat nur im ersten Theile seiner Vergleichung Recht. Die Verschiedenheit der Insertion vom menschlichen Infraspinatus erwähnt er selbst, hält sie aber nicht für wichtig genug, um eine Homologie mit diesem Muskel auszuschliessen. Der Deutung als Subscapularis proprius fehlt jede wirkliche Begründung. Dass ein menschlicher Muskel durch zwei Muskeln bei anderen Thieren vertreten sein kann, ist eine auch von ihm längst angenommene Thatsache, die das Unnöthige der Aufstellung besonderer Mm. proprii wenigstens in diesem Falle noch begründet. — Der Muskel ist ein Homologon des scapularen Theiles des Subscapularis der Urodelen, von dem er sich nur durch Uebergreifen seines Ursprungs auf die Aussenseite der Scapula unterscheidet, ein Verhalten, das nur als nothwendige Anpassung an die kleine Oberfläche der Scapula bei bedeutender Vermehrung seiner Muskelelemente aufzufassen ist und keine wesentliche Differenz ausdrückt. Ganz auffallend ist die fast vollkommene Uebereinstimmung mit dem Subscapularis von Breviceps, die sich namentlich auch in der gleichen Beziehung zu dem Coraco-brachialis brevis internus ausdrückt. Der Muskel enthält wesentlich auch in sich Homologe des Scapulo-humeralis profundus posterior der Anuren.

1) Auf diesen Zerfall, der aber nur bei einzelnen Cheloniern zur Beobachtung kommt, stützt sich wohl auch die Rüdinger'sche Beschreibung zweier Muskeln an Stelle des Subscapularis, von denen der eine (Subscapularis) nach vorn und aussen liege, der andere (Infraspinatus oder Subscapularis proprius) nach innen und hinten an den M. latissimus dorsi grenze und von dem Subscapularis leicht zu trennen sei.

15. Anconaeus (*a*).

Schulterspeichenmuskel od. langer Vorderarmbeuger: Cuvier 1. éd. (cf. Meckel).
Triceps brachii, Anconaeus, Triceps-brachial: Bojanus (No. 65 a) Caput primum s. longum, b) Caput secundum, c) Caput tertium), Duméril (Cuvier), Owen, Rüdinger[1]).
Dreibäuchiger od. richtiger zweibäuchiger Strecker des Vorderarms: Meckel (No. 3).
Streckmuskelmasse des Vorderarms: Stannius.

Kräftige Muskelmasse an der Streckseite des Oberarms, die mit 2—3 Köpfen von der Scapula (Anconaeus scapularis lateralis) und von der Streckfläche des Oberarms (Anconaeus humeralis) entspringt und am proximalen Ende sowie dem medialen Rande der proximalen Hälfte der Ulna inserirt.

a) Anconaeus scapularis lateralis (*asl*). Kräftiger Kopf, der mit mehr (Trionyx) oder minder breiter (Emys, Testudo) auch in zwei Zipfel getheilter Sehne (Emys serrata) im Bereich der oberen und vorderen Circumferenz der Gelenkhöhle von der Scapula entspringt, lateral von der Sehne des M. latissimus dorsi (*ld*), am Oberarm verläuft und sich in der Regel am letzten Viertel des Oberarms mit dem von ihm bedeckten A. humeralis verbindet. Bei Emys europaea (Bojanus) und Testudo graeca (Rüdinger) kommt auch ein Zusammenhang eines Zipfels seiner Ursprungssehne mit der Endsehne des M. latissimus dorsi zur Beobachtung. Ein von der Medialseite des M. anconaeus scapularis lateralis aberrirendes dünnes und ziemlich breites Muskelfascikel, das mit sehr dünner und breiter Aponeurose sich in der Fascie des hintern Endes des Halses verliert, findet sich bei Trionyx. Bei Chelone und Sphargis fehlt wahrscheinlich der M. anconaeus scapularis lateralis[2]).

b) Anconaeus humeralis (*ah*). Kräftiger, dem vorigen gleich starker oder nur wenig schwächerer Kopf, der von der Streckseite des Humerus im Bereiche seiner distalen zwei Drittel,

---

1) Rüdinger betont wie Meckel mit Recht, dass der Muskel nur aus zwei Köpfen bestehe.

2) Die auf Chelone bezügliche Angabe ist Duméril entnommen, der hierin sehr von Meckel abweicht, demzufolge gerade Chelone einen sehr kräftigen A. scapularis haben soll. Bei Sphargis kann der A. scapularis auch von mir übersehen worden sein, da der Erhaltungszustand des Exemplars eine genaue und sichere Untersuchung nicht erlaubte.

lateral mehr proximal als medial beginnend, entspringt und nach der Vereinigung mit dem A. scapularis lateralis (*asl*) an dem proximalen Ende der Ulna inserirt. Bei Trionyx ist der Muskel deutlich in einen grösseren lateralen (A. humeralis lateralis) und einen kleineren medialen Kopf (A. humeralis medialis) getrennt; der Ursprung des ersteren beginnt lateral und proximal von der gemeinsamen Insertion der Mm. latissimus dorsi und teres major, der Ursprung des letzteren medial und distal von dieser Insertion; beide Köpfe vereinigen sich am Ende des dritten Viertels des Oberarms. Bei Emys und Testudo (tesselata) bildet der Muskel eine homogene Masse[1]; bei Sphargis ist er ziemlich gleichmässig auf beide Seiten des Oberarms vertheilt.

Innervirt durch Rr. musculares des N. brachialis longus superior (36).

Der Muskel ist ein Homologon des Anconaeus der Amphibien; doch ist diese Homologie keine vollkommene. Der A. scapularis der Urodelen verbindet sich entweder mit seiner ganzen Masse mit der Endsehne des M. latissimus dorsi oder nur zum Theil, während der andere von der Scapula entspringende Theil medial von dieser Endsehne seine Lage hat; bei den Anuren ist jede nähere Beziehung zu dem M. latissimus aufgegeben und der M. anconaeus scapularis verläuft mit seiner ganzen Masse medial von den vereinigten Sehnen des M. latissimus dorsi und dorsalis scapulae. Bei den Cheloniern existiren (mit Ausnahme von Emys europaea und Testudo graeca) ebenfalls keine Beziehungen zu dem M. latissimus dorsi, der M. anconaeus scapularis lateralis verläuft aber ganz oder wenigstens mit seiner Hauptmasse lateral an der Endsehne des M. latissimus dorsi vorbei. Diese Lage bietet einen wesentlichen Unterschied von den Verhältnissen bei den Amphibien dar und eröffnet eine Bildungsreihe, die bis zu dem Menschen führt[2]. Dass diese Differenz nicht von einer Ortsveränderung der Insertionssehne des M. latissimus dorsi, sondern vielmehr von der Verschiedenheit des Ursprungs des M. anconaeus scapularis lateralis abhängig ist, wird theils durch die Lage des N. radialis bewiesen, theils durch die überhaupt grosse Variabilität des Ursprungs des Anconaeus scapularis (die sich schon bei den Amphibien unzweifelhaft ausdrückte) wahrscheinlich

1) Bei Testudo graeca lässt sich nach Rüdinger an dem proximalen Theile eine Trennung in zwei Abtheilungen erkennen.

2) Vergleiche hierüber Theil I. S. 278.

gemacht[1]). Als besondere Anpassung ist das nach der Halsfascie aberrirende Fascikel bei Trionyx aufzufassen. Der A. humeralis entspricht im Wesentlichen vollkommen dem gleichnamigen Muskel der Amphibien. Dass der laterale und mediale Theil desselben, die übrigens bei Trionyx noch getrennt existiren, bei der Mehrzahl der Chelonier eine innigere Vereinigung eingegangen sind, ist von geringer Bedeutung.

Erklärung der Abbildungen.

Auf allen Tafeln ist die rechte Seite der betreffenden Thiere abgebildet Die Knochen sind durch grosse lateinische Buchstaben, die Aeste der Kopfnerven durch kleine griechische Buchstaben, die Hauptstämme der Spinalnerven durch römische Zahlen, deren Aeste durch arabische Zahlen, die Muskeln durch kleine lateinische Buchstaben bezeichnet.

Ein matt rother Ueberdruck unterscheidet die Muskeln von den andern Theilen, die Ursprünge und Insertionen sind intensiv roth bezeichnet.

Auf den Abbildungen der Plexus brachiales sind die Nn. brachiales und thoracici inferiores weiss, die Nn. brachiales superiores grau, die Nn. thoracici superiores schwarz dargestellt.

Taf. V[2]).

Nerven für die Schultermuskeln der Anuren und Chelonier.

Die Plexus brachialis sind (ebenso wie auf Taf. XIV. des 1. Theiles der Uebersichtlichkeit wegen nicht vollkommen in ihrer natürlichen Lage, sondern in einer Lage abgebildet, wo die ventralen Theile der Brustgürtel mit ihren Weichtheilen eine Zerrung lateralwärts erlitten haben. Danach sind die in Wirklichkeit medialwärts gerichteten Nerven (z. B. N. supracoracoideus u. s. w.) in eine grössere Entfernung von der Ursprungsstelle der Nerven gekommen. Ebenfalls der Uebersichtlichkeit wegen sind alle Elemente sympathischer Nerven auf den Abbildungen weggelassen worden.

Für alle Figuren dieser und der beiden folgenden Tafeln gültige Bezeichnungen für die Nerven:

a) Kopfnerven.

---

1) Emys europaea und Testudo graeca bieten durch die Verbindung eines Theiles ihrer Ursprungssehne mit der Endsehne des M. latissimus dorsi einen Anknüpfungspunkt an die Urodelen dar.

2) Durch Irrthum des Lithographen als Taf. VII. bezeichnet.

$\tau\varrho$ Aeste des N. trigeminus.
ε R. intestinalis n. vagi.

b) Spinalnerven.

I. N. spinalis I. (Pipa).
II, III, IV Ventrale Aeste der Nn. spinales II. III. u. IV (Anuren)
VI, VII, VIII, IX Ventrale Aeste der Nn. spinales VI, VII, VIII und IX (Chelonier).

1_1 Ast des N. spinalis I. an die zwischen Kopf und erstem Wirbel erstreckte Rumpfmuskulatur (Pipa).
3 Ast des N. spinalis II. an die ventrale Rumpfmuskulatur (Anuren).
3_1 N. cervicalis descendens (Pipa).
3_a N. thoracicus anterior (Chelonier).
4 N. thoracicus superior II. (opisthoglosse Anuren).
(4 + 7) N. thoracicus superior II. (Pipa).
7 N. thoracicus superior III. (opisthoglosse Anuren).
N. thoracicus superior VII. (anterior) (Chelonier).
9 N. thoracicus superior III. (Pipa).
N. thoracicus superior IV. (opisthoglosse Anuren).
N. thoracicus superior VIII. (posterior) (Chelonier).
10 Feines Aestchen an die Bauchmuskeln (Pipa).
N. thoracicus inferior IV. (opisthoglosse Anuren).
N. thoracicus inferior (testo-coracoideus) (Chelonier).
12 N. supracoracoideus.
13 N. coraco-radialis proprius et supracoracoideus anticus (opithoglosse Anuren).
Zweig für den M. supracoracoideus (Chelonier).
13_1 N. coraco-radialis proprius (Pipa).
13_{11} N. supracoracoideus medius et posticus (Pipa).
14 Zweig für Theile des M. episterno-cleido-acromio-humeralis (opisthoglosse Anuren).
Zweig für den M. supraprocoracoideus (Chelonier).
15 Ast für den Hautpanzer und die Haut in der Gegend des Brustgürtels (Chelonier).
19 Nn. pectorales.
21 N. brachialis longus inferior.
22 Nn. coraco-brachiales.
22_1 Ast für den N. coraco-brachialis longus von Pipa.
22_a N. coraco-brachialis brevis internus (Chelonier).
22_b N. coraco-brachialis brevis externus et coraco-antebrachiales (Chelonier).
22_c Zweig für den distalen Bauch des M. coraco-radialis (Emys).
24 Ast für den M. humero-antebrachialis inferior (Chelonier).
25 N. cutaneus brachii inferior medialis (Anuren).
N. cutaneus antebrachii inferior (Chelonier).
29 N. subscapularis (Chelonier).
29_1 N. scapulo-humeralis profundus posterior (Anuren).
29_b N. teres major (Trionyx).
30 Nn. dorsales scapulae, bei den Anuren speciell der vordere N. dorsalis scapulae.

31 Hinterer N. dorsalis scapulae (Anuren).
Ast an die P. scapulo-humeralis m. deltoidei (Emys).
32 N. cutaneus brachii superior lateralis (Chelonier).
33 Ast für die tiefern Partien des M. plastro-procoraco-humeralis (Trionyx).
Ast für d. P. procoraco-plastro-humeralis m. deltoidei (Emys).
34 N. latissimus dorsi.
(35+38) N. brachialis longus superior (Radialis) der Anuren = 35 N. brachialis longus superior (Radialis) der Chelonier.
36 Rr. musculares für d. M. anconaeus.
41 N. cutaneus brachii et antibrachii superior medialis.
42 N. cutaneus brachii medialis (Chelonier).
43 Hautäste, die weder von Kopfnerven noch vom Plexus brachialis abstammen.

Fig. 37. Plexus brachialis von Pipa americana. Ventral-Ansicht. Grössenverhältniss $\frac{3}{1}$.

Fig. 38. Plexus brachialis von Ceratophrys cornuta. Ventral-Ansicht. Grössenverhältniss $\frac{3}{2}$.

Fig. 39. Anfangstheil des Plexus brachialis von Phyllomedusa bicolor. Ventral-Ansicht. Grössenverhältniss $\frac{3}{2}$.

Fig. 40. Plexus brachialis von Engystoma carolinense. Ventral-Ansicht. Grössenverhältniss $\frac{3}{1}$.

Fig. 41. Plexus brachialis von Emys serrata. Ventral-Ansicht. Grössenverhältniss $\frac{1}{1}$.

Fig. 42. Plexus brachialis von Trionyx japonicus. Ventral-Ansicht. Grössenverhältniss $\frac{1}{1}$.

Taf. VI. und VII.[1]

Schultermuskeln von Emys serrata.

Taf. V. stellt Seiten, Taf. VI. Ventral-Ansichten im Grossenverhältnisse von $\frac{2}{3}$ dar.

Die vordere Extremität ist mit Gewalt aus ihrer natürlichen Lage in eine mit der der anderen Reptilien und der Amphibien übereinstimmende künstliche Stellung gebracht.

Für alle Figuren dieser Tafeln gültige Bezeichnungen:

Knochen und Bänder:

S Scapula.
SS Suprascapulare.
Pc Procoracoid.
C Coracoid.
LEc Ligamentum epicoracoideum.
H Humerus.
CH Caput humeri.
PL Processus lateralis humeri.
PM Processus medialis humeri.
Fit Fossa intertubercularis.

---

1) Irrthümlich als Taf. V. u. VI. bezeichnet.

CR Condylus radialis.
CU Condylus ulnaris.
R Radius.
U Ulna.
Hy Os hyoideum.
Car Carapax (Rückenschild).
Pla Plastrum (Brustschild).

Nerven:

Vergleiche die Bezeichnungen von Taf. IV.

Muskeln:

cpl M. capiti-plastralis (Sternocleidomastoideus).
cu₁ M. testo-scapulo-procoracoideus.
ts M. testo-scapularis (Serratus).
tc M. testo-coracoideus.
p M. pectoralis.
sppc M. supraprocoracoideus.
spc M. supracoracoideus.
cbbe M. coraco-brachialis brevis externus.
cbbi M. coraco-brachialis brevis internus.
bsp M. coraco-radialis superficialis (Biceps superficialis).
bsp_1 Distaler Bauch des M. coraco-radialis superficialis (Emys).
bpr M. coraco-antebrachialis profundus (Biceps profundus).
hai M. humero-antebrachialis inferior (Brachialis inferior).
ld M. testo-humeralis (latissimus dorsi).
d M. scapulo-procoraco-plastro-humeralis (Deltoideus).
dsc P. scapulo-humeralis m. deltoidei.
dpc Vom Procoracoid entspringende Fasern der P. procoraco-plastro-humeralis m. deltoidei.
dpl Vom Plastron kommende Fasern der P. procora-plastro-humeralis m. deltoidei.
sbsc M. subscapularis.
a M. anconaeus.
asl M. anconaeus scapularis lateralis.
ah M. anconaeus humeralis.
sphc M. sphincter colli.
chy M. coracohyoideus.

Fig. 43. Schultermuskeln nach Wegnahme der Haut und nach Abtragung der einen Hälfte des Rücken- und Brustschildes.

Fig. 44[1]. Schultermuskeln nach Wegnahme der Mm. sphincter colli (*sphc*), testo-scapulo-procoracoideus (cu_1), pectoralis (*p*) und latissimus dorsi (*ld*).

Fig. 45. Schultermuskeln an dem von dem Rumpfe und dem Hautpanzer abgetrennten Brustgürtel nach Wegnahme der Mm. testo-scapularis (*ts*), testo-coracoideus (*tc*) und scapulo-procoraco-plastro-humeralis (*d*).

Fig. 46. Schultermuskeln nach Wegnahme der Mm. capiti-plastralis (*cpl*), supraprocoracoideus (*sppc*), supracoracoideus (*spc*), coraco-radialis superficialis (*bcp*) und coraco-hyoideus (*chy*).

1) *dpr* in Fig. 44 ist in *dpc* umzuändern.

Fig. 47. Schultermuskeln nach Wegnahme der Mm. coraco-antebrachialis profundus (*bpr*), coraco-brachialis brevis externus (*cbbe*), coraco-brachialis brevis internus (*cbbi*) und subscapularis (*sbsc*).

Fig. 48[1]). Brustgürtel und Oberarm mit Angabe der Ursprünge und der Insertionen der Muskeln. Die an der Aussenfläche liegenden sind durch einfache Linien, die an der Innenfläche liegenden durch Punktlinien angedeutet. Ein o neben dem Muskelnamen bedeutet Ursprung, ein i Insertion.

Fig. 49. Schultermuskeln nach Wegnahme der Haut. Vergleiche Fig. 43.

Fig. 50. Schultermuskeln nach Wegnahme der Mm. sphincter colli (*sphc*) testo-scapulo-procoracoideus (cu_1), pectoralis (*p*) und latissimus dorsi (*ld*). Vergleiche Fig. 44.

Fig. 51. Schultermuskeln an dem von dem Rumpfe und dem Hautpanzer abgetrennten Brustgürtel nach Wegnahme der Mm. testo-scapularis (*ts*), testo-coracoideus (*tc*) und scapulo-procoraco-plastro-humeralis (*d*). Vergleiche Fig. 45[2]).

Fig. 52. Schultermuskeln nach Wegnahme der Mm. capiti-plastralis (*cpl*)' supraprocoracoideus (*sppc*) und supracoracoideus (*spc*).

Fig. 53. Schultermuskeln nach Wegnahme der Mm. coraco-radialis superficialis (*bsp*) und coraco-hyoideus (*chy*). Vergleiche Fig. 46.

Fig. 54. Schultermuskeln nach Wegnahme des M. coraco-antebrachialis profundus (*bpr*).

Fig. 55. Schultermuskeln nach Wegnahme der Mm. coraco-brachialis brevis externus (*cbbe*), coraco-brachialis brevis internus (*cbbi*) und subscapularis (*sbsc*). Vergleiche Fig. 47.

Fig 56. Brustgürtel und Oberarm mit Angabe der Ursprünge und Insertionen der Muskeln. Vergleiche Fig. 48.

1) Für p^c ist p^i zu setzen.

2) Auf Fig. 51 und 52 ist die Vorderarmfascie künstlich ausgeschnitten derart, dass nur die Insertionsstelle für den M. biceps superficialis erhalten wurde. — Anstatt *dpc* ist *sppc* zu lesen

Druckfehler-Verzeichniss.

Seite 180 Zeile des Textes 13 von oben: anstatt 1 lies 1_1.
S. 183 Z. d. T. 19 v. o.: a. 3 l. 3_1.
Z. d. T. 2 v. u.: a. 13 l. 13_1.
S. 184 Z. d. T. 1 v. o.: a. 13 l. 13_{11}.
Z. d. T. 8 v. u.: a. 22 l. 22_1.
S. 185 Z. d. T. 13 v. u.: a. 29 l. 29_1.
S. 199 Z. d. T. 2 v. o.: a. 3 l. 3_1.
S. 200 Z. d. T. 1 v. o.: a. 3 l. 3_1.
S. 219 Z. d. T. 6 v. u.: a. 29 l. 29_1.
S. 221 Z. d. T. 3 v. u. und S. 239 Z. d. T. 4 v. u.: Taf. V. u. VI. l. Taf. VI. u. VII.
S. 228 Z. d. T. 11 v. o.: a. Taf. IV. l. Taf. V.
S. 230 Z. d. T. 2 v. o.: a. lateria l. serrata.
S. 231 Z. d. T. 14 v. o.: a. M. plastro-scapulo-procoracoideus l. M. testo-scapulo-procoracoideus.
Z. d. T. 17 v. o.: a. lateria l. serrata.
S. 234 Z. d. T. 15 u. 4 v. u.: a. N. plastro-coracoideus l. N. testo-coracoideus.
S. 256 Z. d. Anm. 1 v. u.: a. zweiten l. dritten.

Ueber elektrische Muskelreizung.

Von

W. Preyer.

Ich habe vor Kurzem Versuche veröffentlicht (in meiner Schrift: „Das myophysische Gesetz“, Jena 1874, Abschnitt III.), welche beweisen, dass für gerad- und parallelfaserige Muskeln gleiche Differenzen der Hubhöhen gleichem Reizverhältnisse entsprechen. Die Methode, mittelst welcher dieses Ergebniss erzielt ward, ist auch sonst verwendbar im Gebiete der Muskel- und Nerven-Physik. Ich will sie daher, von dem genannten Satze ausgehend, durch nähere Angabe der Einzelheiten erläutern. Die Feststellung der Relation $h_1 - h_2 = f\,(q_1 : q_2)$, wo h_1 und h_2 zwei gleichschwellige Hubhöhen und q_1 und q_2 die zugehörigen Reizgrössen, zunächst für den natürlichen Contractionsmodus, den Tetanus, verlangt eine solche Abstufung des Reizes, dass, wenn auch q_1 und q_2 einzeln genommen variiren, doch ihr Verhältniss constant bleibt. Ich entsprach dieser Forderung, mit dem Schlitteninductorium tetanisirend, durch Veränderung der Intensität J des Stromes der primären Spirale. Mit sehr kleiner Zunahme dieser Intensität nimmt, wie man sich leicht schon durch den Geschmack, die Wirkung auf den Sehnerven und namentlich die Contractionszunahme des frischen Muskels überzeugt, die physiologische Wirkung des inducirten Stromes sehr merklich zu, mit entsprechender Abnahme ebenso ab.

Man braucht nun die Art der Abhängigkeit der Stärke des Inductionstosses von der Stärke des inducirenden Stromes ebensowenig wie die Function $q = \varphi\,(r)$, wo r der Rollenabstand, näher zu kennen, um mit hoher Wahrscheinlichkeit entweder durch Constanthalten zweier Rollenabstände r_1 und r_2 bei Variirung des J oder durch Constanthalten zweier J-Werthe bei Variirung des r ein constantes $q_1 : q_2$ zu erhalten. Denn die einzige Möglichkeit, dass dieser Quotient nicht constant bleibe, ist dadurch

gegeben, dass die Art des Verlaufs des Inductionstroms bei verschiedenem J verschieden wäre. Der elektrische Muskelreiz ist bekanntlich durch die Steilheit der Abgleichungscurve bedingt. Er wird also ebenso wachsen müssen, wenn die in gegebener Zeit abgeglichene Elektricitätsmenge zunimmt, wie wenn bei gegebener Elektricitätsmenge die Abgleichungszeit abnimmt. Da im vorliegenden Falle mit der Zunahme der abzugleichenden Elektricitätsmenge die Abgleichungszeit nicht sich zu verändern braucht, so kann die Constanz des $q_1 : q_2$ bei variablem J nur dann beeinträchtigt werden, wenn ausser der Steilheitsänderung die Abgleichung eine Aenderung in der Form erführe, was wenigstens innerhalb der hier in Betracht kommenden Grenzen der J-Schwankungen, anzunehmen nicht der mindeste Grund vorliegt. Selbst wenn aber ein solcher nicht eben wahrscheinlicher Einfluss der J-Aenderung nachgewiesen würde, wäre erst noch zu erweisen, dass davon die Constanz des Quotienten $q_1 : q_2$ merklich afficirt werden kann, was wiederum bei der Kleinheit der J-Aenderungen nicht wahrscheinlich ist. Es wird also, um constantes $q_1 : q_2$ herzustellen, genügen, wenn die Intensität J für zwei Rollendistanzen variirt wird, oder wenn die Rollendistanz für zwei constante J-Werthe verändert wird, vorausgesetzt, dass in beiden Fällen J überhaupt nur wenig sich verändert. Dieser Einschränkung ist um so leichter nachzukommen, als, wie gesagt, bei sehr kleiner positiver oder negativer J-Zunahme die physiologische Wirkung des Inductionstosses sich erheblich und mit J gleichsinnig ändert.

Die Variirung des J habe ich nun in dreifacher Weise herbeigeführt: erstlich mittelst Veränderung der elektromotorischen Kraft der Kette durch Veränderung der Zahl der Elemente, zweitens durch Aenderung des Widerstandes der Kette, drittens durch Einführung eines Rheochords, in welches als Neben-Schliessung die Hauptrolle aufgenommen wurde. Alle drei Verfahrungsweisen sind gut brauchbar. Ich habe jedoch nur die beiden letztgenannten in ausgedehntem Maasse verwendet.

Die Abstufung des Widerstandes W der Kette führte ich in dreifacher Weise aus, entweder durch verschieden tiefes Eintauchen der grossen Zinkplatten der Grove'schen Elemente oder durch stufenweise vorgenommenes Anfüllen der Zellen mit Säure oder durch Zufügen von wenig concentrirter Schwefelsäure zu der Anfangs äusserst verdünnten Schwefelsäure des Bechers. Sowohl die Tauchmethode, wie die Füllungs- und die Concentrirungsmethode sind sehr geeignet zur Abstufung der Stromstärke bei

solchen physiologischen Versuchen, wo es nur auf ein Mehr oder Minder, ein stufenweises Zu- oder Abnehmen ohne numerische Feststellung des Wieviel der Zu- oder Abnahme ankommt. Aber es würden sich die der Tauchtiefe der Zinkoberfläche, die der Flüssigkeitshöhe und die der Concentration der Schwefelsäure entsprechenden Stromstärken auch leicht im einzelnen Falle in Zahlen auswerthen lassen. Beiläufig sei bemerkt, dass auch ein stetiges Anwachsen der Stromstärke in einfacher Weise dadurch erzielt werden kann, dass man aus fein ausgezogenen Glasröhren die Säure in continuirlichem Strom in den Becher fliessen lässt. In diesem Falle bewegt sich mit leicht regulirbarer Geschwindigkeit die die Stromstärke anzeigende Nadel der Bussole vollkommen stetig von dem Minimum der Ablenkung zum Maximum derselben. Hierdurch ist ein treffliches Mittel gegeben z. B. den Nerv oder Muskel über die Schwelle schleichen zu lassen.

Im vorliegenden Falle handelt es sich jedoch darum nicht stetig, sondern sprungweise das J zu steigern. Man hat dabei das Verhältniss des Widerstandes W zu dem Widerstande P der primären Rolle zu beachten. Bei meinen Apparaten verhält sich P zu W, wenn die Tauchtiefe sehr gering ist nach einigen approximativen Bestimmungen ungefähr wie 1 zu 20. Wenn aber die eingetauchte Zinkoberfläche grösser wird, mindert sich W schnell, so dass man bald an einen Punct kommt, wo weiteres Wachsen der Tauchtiefe nur eine sehr geringe Zunahme des J bedingt. Schliesslich verhält sich P zu W sehr nahe wie 1 zu 2 bei meiner Versuchsanordnung. Daher ist beim Tauchverfahren Anfangs bei der beabsichtigten J-Aenderung so lange noch W gegen P gross ist nur sehr wenig die Tauchtiefe zu vergrössern. Entsprechendes gilt für die Füllung der Elemente und die Concentrirung der Schwefelsäure. Man überzeugt sich leicht durch die Tangentenbussole, wie das J bei Anfangs geringer Tauchtiefe, bez. niedriger Flüssigkeitshöhe oder geringer Concentration der Säure, also überall grossem W, sehr viel schneller wächst als später, nachdem W bereits stark abgenommen hat. Es ist von Interesse die Grenzwerthe zu kennen, innerhalb deren das J in Ganzen sich bewegte, während der Hammer des Schlittenapparats wie gewöhnlich in Thätigkeit war. Ich fand bei minimaler Tauchtiefe eine Ablenkung von etwa 53°, bei maximaler 72°, die kleinste Intensität des Stromes der Hauptrolle verhielt sich demnach zur grössten wie tg 53 zu tg 72 also ungefähr wie 1 zu $2^1/_2$. Für das Füllungsverfahren liegen die Grenzwerthe weiter auseinander, sie verhalten sich wie 1 zu 6. Nach

dem bisher erörterten Verfahren sind die Versuchsreihen 32, 33, 39 und 40 ausgeführt worden (Myoph. Ges. § 40 und § 41). Bei Betrachtung der Zahlen für die Muskelverkürzungen könnte hier die Vermuthung entstehen, dass vielleicht der Unterschied der J-Aenderungen bei grossem und bei kleinem W nicht gehörig beachtet, somit die Reizstärke nicht oder wenigstens nicht merklich verändert worden sei. Eine solche Vermuthung würde sich nämlich darauf berufen, dass die Hubhöhen nicht zunehmen, wie es doch sein müsste, wenn der absolute Reiz q zunimmt. Diese Erwartung ist jedoch unberechtigt, denn in der 32. und 39. Reihe wurde die Reizstärke zwar variirt, aber sie nahm nicht von Nummer zu Nummer zu, sondern wechselte zwischen stärker und schwächer ab und hier wie bei den andern Reihen wurde die die Hubhöhe vergrössernde Wirkung der Reizzunahme (Zunahme des q) durch die dieselbe vermindernde Wirkung der Ermüdung (Zunahme der Reizschwelle s) übercompensirt.

Ich habe mich, bevor ich jene Versuche anstellte, überzeugt, dass bei kurzer Dauer der Reizung die Contractionsgrösse für eine bestimmte Rollendistanz in den ersten Nummern beträchtlich zunimmt, wenn man in der angegebene Weise das J steigert. Somit ist die erwähnte Vermuthung unzutreffend.

Derselbe Zweifel wiederholt sich jedoch in wenig anderer Form mit Rücksicht auf die Rheochordversuche. Bei diesen wurde die Variirung des J erreicht dadurch, dass durch Widerstandsänderung eines in die primäre Rolle als Nebenschliessung aufgenommenen Rheochords der durch die Hauptrolle gehende Zweigstrom sich im gleichen Sinne änderte. Auch Pflüger[1]) rühmt diese Art zu verfahren. Man erkennt aber leicht aus der hier zur Anwendung kommenden Gleichung

$$J = \frac{E}{W + P + W\frac{P}{R}}$$

wo R der willkürlich eingeschaltete Rheochordwiderstand, dass nur wenn P gegen R nicht sehr klein ist, J erheblich mit R va-

1) „Die Abstufung der reizenden Stromstärken in der secundären Spirale lässt sich zwar auf verschiedene Art ausführen, wie z. B. dadurch, dass man die primäre Spirale als Nebenschliessung in ein Rheochord von dickem Drahte aufnimmt, wodurch jede beliebige Feinheit der Einstellung der Stärke des primären Stromes ermöglicht ist. Ich habe mich indessen dieser sonst sehr feinen Methode nicht bedient.“ (Unters. über die Physiol. d. Electrotonus. Berlin 1859. S. 126).

riiren kann. Da nun bei meinen zwei Schlittenapparaten der Widerstand des Drahtes der primären Rolle 151, beziehlich 190 Rheochordmillimeter beträgt, in den Versuchen aber *R* zwischen 1000 und 20000 solcher Rheochordeinheiten schwankt, so entsteht der Verdacht, dass *J* gar nicht merklich variirt habe, während *R* bedeutend variirte.

Vor allem kommt es hierbei auf die Grösse des *W* an und darauf, ob *P* nicht etwa mit der veränderlichen Schwingungsfrequenz und Schwingungstärke des Unterbrechungshammers sich verändert. Ich finde *W* bei voller Zelle des Grove, gewöhnlicher Schwefelsäureverdünnung und ganz eingetauchter Zinkplatte im Mittel = 280 Rheochordmillimeter.

P fällt sehr verschieden aus, je nach der Stärke und Frequenz der Hammerschwingungen. Die beiden von mir benutzten Schlittenapparate a und b geben z. B. für *P* in Rheochordmillimetern:

a) Hammer ruhend 154, schwingend 171 bis 3210

b) Hammer ruhend 190, schwingend 650 bis ca. 9000.

Diese grossen Aenderungen sollen hier nicht discutirt werden, weil sie bei Anwendung der Helmholtz'schen Nebenleitung zur primären Rolle, welche ich vorzugsweise benutzte und deren Anwendung das Folgende voraussetzt, ausbleiben. Hier fand ich für *P* in Rheochordmillimetern

Apparat a: ruhend 151, schwingend 140,

Apparat b: ruhend 180, schwingend $\begin{cases} \text{langsam } 136 \\ \text{schnell } 111. \end{cases}$ Aber auch hierbei nimmt die Frequenz und Stärke der Hammerschwingungen mit den eingeschalteten Rheochordwiderständen zu, namentlich wenn die *R*-Werthe kleiner als 500 Millim. sind, daher verwendete ich vorwiegend Rheochordwiderstände > 1000, bei welchen die Hammerthätigkeit sich nur wenig ändert. Es fragt sich jetzt, wie dabei *J* variirte. In abgerundeten Zahlen war die elektromotorische Kraft $E = 850$, $W = 280$, $P = 140$. Setzt man diese Werthe in obige Gleichung ein, so ergibt sich, dass das *J* nur zwischen 1,705 und 1,851 geschwankt haben kann, wenn *R* zwischen 500 und 1000 variirte, nur zwischen 1,851 und 1,977, wenn *R* zwischen 1000 und 4000 und nur zwischen 1,977 und 2,014, wenn *R* zwischen 4000 und 20000 sich bewegte. Die Bussole zeigte in der That mit grosser Steigerung des *R* sehr bald nur kleine Zunahmen des *J* an, wenn sie in die primäre Rolle des Schlitteninductorium aufgenommen wurde:

Rheochord	Ablenkungswinkel	Tangente
500	59,4	1,691
600	60,0	1,732
700	60,5	1,767
800	60,9	1.797
900	61,2	1,819
1000	61.4	1,834
1500	62,0	1,881
2000	62,4	1,918
4000	62,9	1,954
9000	63,2	1,980
19000	63,3	1,988

Die Tangenten der Ablenkungswinkel sind, da man von dem geringen Widerstande der Bussole absehen darf, nahezu proportional den Intensitäten *J* des inducirenden Stromes. Diese nehmen also bei sehr grossem Rheochordwiderstande nicht mehr leicht messbar zu, sie nähern sich asymptotisch einem Grenzwerthe. Es fragt sich also, ob die Inductionswirkung und damit der Reiz bis zuletzt noch zunimmt, oder vielmehr ob die Reizzunahme zuletzt nicht so gering wird, dass gleichsam der Muskel nichts davon merkt.

Zwar gab ich bereits im Allgemeinen an (Myoph. Ges. S. 70), dass die Inductionswirkung bei der Prüfung mittelt des Geschmacks und des Muskels die grössten Schwankungen der Grösse zeigt, wenn der Rheochordwiderstand verändert wird, aber ich habe dieser Angabe Zahlenbelege nicht beigefügt und sie nicht ausdrücklich als gültig auch für die höchsten *R*-Werthe bezeichnet. Diese Belege liefern viele mit Muskeln von ganz frisch eingefangenen Fröschen angestellte Versuche. Die Muskeln wurden bei sehr grossem *R* und verschiedenem *r* tetanisirt, um zu erfahren ob die Hubhöhe trotz der fortschreitenden Ermüdung, sei es auch nur um Bruchtheile eines Millimeters wächst, wenn schon die Bussole nur noch ein ganz geringes Wachsen des *J* anzeigt oder bereits ihre Dienste versagt. Bei den gewöhnlichen Versuchen musste die *s*-Zunahme solche *h*-Zunahmen verdecken. Wenn aber höchst leistungsfähige Muskeln verwendet werden, musste eine wenn auch geringe *h*-Zunahme, falls überhaupt der Reiz mit *R* zunahm, sich zeigen. Ich habe dies in der That überaus häufig beobachtet. Der Muskel ist viel empfindlicher als die Bussole.

Und da es kein bequemeres und zuverlässigeres Mittel gibt zu zeigen, dass auch bei den höchsten Rheochordwiderständen, die Reizgrösse wirklich sich sehr merklich verändert, hiervon aber die Brauchbarkeit der Methode wesentlich mit abhängt, so will

ich einige Beispiele mittheilen. Die Muskeln sind Sartorien. Der Tetanus dauert überall nur einige Secunden. Die Hubhöhen, Rollenabstände r und Rheochordwiderstände R sind durchweg in Millimetern angegeben. Die Nummern links bezeichnen die zeitliche Folge der Reizungen. — Ueberall wurde ein grosser Grove angewendet. Der Schliessungs- und Oeffnungsstrom überall gleich stark.

Erster Muskel.

Nr.	Rheochord	Hubhöhe	
1	12000	5,55	$r = 95$
2	17000	6,05	
3	18000	6,10	
4	19000	6,75	

Zweiter Muskel.

Nr.	Rheochord	Hubhöhe	Rollenabstand
1	17000	5,10	$r = 85$
2	18000	6,80	
3	19000	7,55	
4	20000	7,65	
5	17000	10,65	$r = 82$
6	18000	11,00	
7	19000	11,85	

Dritter Muskel.

Nr.	Rheochord	Hubhöhe	Rollenabstand
1	17000	3,35	$r = 104$
2	18000	3,50	
3	17000	8,45	$r = 95$
4	18000	9,25	
5	17000	9,95	$r = 90$
6	18000	10,65	
7	17000	6,30	$r = 95$
8	18000	6,55	

Nach der letzten Verkürzung — in den drei Fällen — machte sich bei weiterer Reizsteigerung durch r-Abnahme die Ermüdung geltend, indem das h nicht mehr zunahm wenn R auf 20000 stieg, sondern abnahm oder constant blieb und dann nach und nach abnahm. Die in gewöhnlicher Weise verdoppelt myographisch aufgeschriebenen Hubhöhen wurden mikroskopisch gemessen.

Zufällig kann das mit den zunehmenden R-Werthen beobachtete Wachsen des h um so weniger sein, als es — abgesehen von der grossen Zahl der Beobachtungen — sowie man unter 4000 herabgeht, Unterschiede von mehreren Millimetern ergibt, was selbst schon bei 12000 vorkommen kann, wenn die Muskeln zart behandelt werden. Ich stehe von der detaillirten Mittheilung

solcher Versuche ab, weil durch den Nachweis der Hubzunahme bei den höchsten *R*-Werthen von 17000 bis 20000 implicite die grössere *h*-Zunahme bei geringerem *R* mitbewiesen ist.

Wie gross die Empfindlichkeit des Muskels für Steilheitsänderungen der Abgleichungscurve ist, erhellt daraus, dass er mit Sicherheit (durch die Vermittlung der secundären Rolle von 4776 Windungen bei Apparat *a*) anspricht, wenn die Intensität der primären Rolle von 2000 auf 2001 steigt. Dieses Verhältniss entspricht nämlich der Zunahme des *R* von 17000 auf 18000. Der Ablenkungswinkel der Tangentenbussole würde dabei nur um einige zwanzig Secunden wachsen. Und hiermit ist die Grenze keineswegs erreicht. Uebrigens überzeugt man sich auch von der Zunahme der physiologischen Wirkung des inducirten Stromes bei Steigerung des *R* von 4000 auf 20000, wenn man die Enden der secundären Spirale an die Zunge und Mundschleimhaut bringt. Die dann eintretenden Tast-, Geschmacks- und Lichtempfindungen sowie Zungenmuskelcontractionen wachsen sehr merklich bei passend gewähltem Rollenabstand.

Ein Zweifel kann also darüber nicht bestehen, dass bei den Rheochordversuchen in der That der Reiz auch mit den grössten eingeschalteten Rheochordwiderständen sich veränderte. Es handelt sich nicht darum, dass er sich hierbei stark verändere, sondern darum, dass er sich nachweislich verändere. Um nämlich grössere Reizänderungen zu haben, braucht man nur mit kleinerem *R* (von 500 bis 2000) zu reizen. Eine solche Versuchsreihe, bei welcher, um Gleichschwelligkeit der zusammengehörigen 2 Hubhöhen zu erzielen, keine Reizunterbrechung zwischen ihnen stattfand, ist folgende:

M. sartorius. Die Zahlen bedeuten Millimeter, die Nummern links geben die zeitliche Folge der Reizungen an

Nr.	Rheochord	Hubhöhe $r = 95$	Hubhöhe $r = 78$	Diff.
1	600	5,8	9,4	3,6
2	700	6,2	9,4	3,2
3	800	6,3	9,4	3,1
4	900	5,3	9,1	3,8
5	1000	5,8 . . .	9,0	3,2
6	900	5,0 . . .	8,8	3,8
7	1000	5,1 . . .	8,7	3,6
8	2000	5,2	8,6	3,4
9	500	3,2	7,1	3,9
10	700	4,2	7,7	3,5
11	800	4,6	7,8	3,2

Nr.	Rheochord	Hubhöhe r = 95	Hubhöhe r = 78	Diff.
12	900	4,6	7,7	3,1
13	500	3,5	6,9	3,4
14	600	3,9 . . .	7,5	3,6
15	700	3,9 . . .	7,4	3,5
16	800	3,7 . . .	7,3	3,6
17	900	3,8 . . .	7,4	3,6
18	800	2,7 . . .	6,6	3,9
19	900	3,0 . . .	6,4	3,4
20	500	2,3 . . .	6,0	3,7
21	600	2,6	6,0	3,4
22	700	2,7	5,8	3,1

Man sieht hier trotz der ungleich grösseren Anstrengung, somit Ermüdung, die erste Hubhöhe mit R wachsen bei Nr. 1 bis 3, 4 und 5, 6 bis 8, 9 bis 11, 13 und 14, 16 und 17, 18 und 19, 20 bis 22. Nur zwischen 3 und 4 und zwischen 15 und 16 hat die Ermüdung so zugenommen, dass sie die Reizsteigerung übercompensirt. Bei der zweiten Verkürzung ist dies öfter der Fall, 8mal im Ganzen, was sich zur Genüge durch den hier grösseren Einfluss der Ermüdung erklärt, man vergleiche jedoch No. 9 bis 11, 13 und 14, 16 und 17. Die Abweichungen vom arithmetischen Mittel in der Columne für die Differenzen sind zum Theil jedenfalls auf Versuchsfehler, namentlich ungenaue Einhaltung der Rollendistanzen zurückzuführen. Einige Nummern mussten deshalb wegen zufälliger und erkannter Ueberschreitung der r-Werthe gestrichen werden.

Daher habe ich auch in der Weise experimentirt, dass die beiden gleichschwelligen zu einer Differenz erforderlichen h nur ein r und zwei R-Werthe erhielten, welche für die ganze Reihe unverändert blieben. Auch diese Versuche beziehen sich auf Sartorien von *Rana temporaria*. Es fand keine Reizunterbrechung zwischen h_2 und h_1 statt.

Zeitliche Folge	Rollenabstand	Hubhöhe R = 700	Hubhöhe R = 2700	Diff.
1	77	5,2	6,9	1,7
2	76	5,3	7,4	2,1
3	75	5,9	7,7	1,8
4	74	6,2	8,2	2,0
5	73	6,5	8,4	1,9
6	72	6,9	8,4	maximal

Hier übercompensirte die Reizzunahme in allen Fällen die Wirkung der Ermüdung.

Ein anderes Beispiel ebenso:

Zeitliche Folge	Rollenabstand	Hubhöhe		Diff.
		R=600	R=1600	
1	75	3,6	7,0	3,4
2	74	3,2	6,7	3,5
3	73	3,5	7,1	3,6
4	72	4,2	7,7	3,5
5	71	5,2	8,4	3,2
6	68	7,5	11,3	3,8
7	67	7,7	11,5	3,8

Hier wird nur zwischen Nr. 1 und 2 die Ermüdung durch Reizsteigerung nicht compensirt.

Die Hubunterschiede der vorhin mitgetheilten drei Reihen wo auch dieselben zwei R-Werthe mitunter sich wiederholen, können deshalb nicht constant sein, weil die entsprechenden Hubhöhen wegen der Reizunterbrechung nicht gleichschwellig sind und die Ermüdung zu ungleich fortschreitet.

Der Beweis für die Reizsteigerung ist bei diesen Experimenten durch die trotz der Ermüdung eintretenden h-Zunahmen geliefert. Die Brauchbarkeit der Methode ist durch die Versuche ausreichend dargethan. Ausserdem hat durch dieselben die Relation $h_1 - h_2 = f\ (q_1 : q_2)$ neue Stützen erhalten. Es versteht sich von selbst, dass nicht jeder Muskel bei jedem Versuch eine befriedigende Uebereinstimmung geben wird. Unregelmässigkeiten kommen in den meisten Versuchsreihen vor. Sie sind grösser und häufiger, wenn zwischen h_1 und h_2 eine Reitzunterbrechung stattfindet (Reihe 31), wenn die Muskeln sehr gross sind (Reihe 34 und 37), wenn sie nicht dem lebenden Thiere, sondern einige Zeit nach der Verblutung der Leiche entnommen werden (Reihe 36). Da sich aber mit Geduld und Vorsicht und vor allem bei Verwendung von eben eingefangenen Fröschen, wie ich sie meist benutzte, selbst längere Reihen erhalten lassen, bei denen die Nummern sämmtlich nur kleine Abweichungen des Hubunterschiedes vom arithmetischen Mittel geben, da ferner auch der mit äusserster Schonung präparirte Muskel bei noch so geschicktem Manipuliren misshandelt und durch Luftzutritt geschädigt wird und kein Sartorius sich als vollkommen gerad- und parallelfaserig ansehen lässt, auch die eine Muskelfaser die andere bei der Contraction stört, so lässt sich aus diesen Unregelmässigkeiten obiger Satz nicht widerlegen. Könnte man die ganz frische isolirte Muskelfaser den beschriebenen Experimenten unterwerfen, dann würde wahrscheinlich sich

eine noch grössere Uebereinstimmung zeigen. Denn es ist nicht zu bezweifeln, dass die einzelne Faser, da sie nur isolirt sich unbehindert contrahiren kann, bei der Contraction des ganzen Muskels eine andere Gestalt annimmt als wenn sie frei sich verkürzt. Ich habe durch mikroskopische Betrachtung von Sartorien, welche vertical in Luft hängend tetanisirt wurden, mich überzeugt, dass in der That sehr viele Fasern, die in der Ruhe gerade gestreckt erscheinen, wellige nnd zickzackförmige Figuren bilden. Hört der Tetanus auf, dann tritt die Geradstreckung wieder ein. Es ist diese Zickzackform nicht zu verwechseln mit der bekannten zuerst von Dumas und Prévost an dem auf Glas liegenden Muskel beobachteten. Was ich sah, und was man an jedem frischen vertical hängenden Sartorius sehen kann, dass die Zickzackbiegung im Tetanus entsteht oder zunimmt, falls sie vorher schon andeutungsweise sichtbar war, ist wahrscheinlich zum Theil darauf zurückzuführen, dass im ganzen Muskel die eine Faser die benachbarte durch die eigene Contraction verhindert, sich ebenso zu verdicken, wie im isolirten Zustande. Daher müssen sich viele Fasern im Tetanus biegen und krümmen, wie es auch die Beobachtung zeigt. Durch solche Störungen der regelmässigen Verkürzung kann nun sehr leicht die Constanz des Hubunterschiedes gestört werden. Die Beziehung $h_1 - h_2 = f\ (q_1 : q_2)$ wird daher für den ganzen Muskel nur angenähert, für die Muskelfaser genauer zutreffen und hat überhaupt für beide nur innerhalb eines gewissen Reizintervalles Gültigkeit.

Aus jenem Versuchsergebniss habe ich nun mit Hinzuziehung der Thatsache der Muskelreizschwelle abgeleitet, erstens, dass die Hubhöhe eine Function des fundamentalen Reizes $q:s$ ist, zweitens, dass sie von ihm logarithmisch abhängt. Keine andere Function verträgt sich mit den Versuchsergebnissen und zugleich jener Thatsache.

Ebenso geht aus den Versuchen, wo bei constantem und bei variablem Reize (Myoph. Ges. § 19 und 35) die myophysische Bewegung oder Erregung gemessen wurde, hervor, dass $h = k \log \alpha p$, wo p das Gewicht, welches h eben annullirt. Auch hier ist keine andere Function auffindbar gewesen, welche so kleine Fehlerquadratsummen gäbe, wie die logarithmische. Man überzeugt sich leicht durch Bestimmung der wahrscheinlichsten Werthe der Constanten k und α, dass die berechneten Hubhöhen um viele Millimeter, jedenfalls im Ganzen um viel mehr von den beobachteten Verkürzungen differiren bei Setzung eines andern Functionszusammenhanges

zwischen h und p als der logarithmischen. Setzt man zum Beispiel $h = k \sqrt{ap}$, so ergeben sich namentlich für die zehnte Versuchsreihe (Myoph. Ges. Seite 38), welche die längste und beste von allen ist, solch enorme Differenzen zwischen Rechnung und Beobachtung wie sie selbst bei den schlechtesten Reihen für die logarithmische Function nicht vorkommen. Die Erregungsmaassformel $h = k \log ap$ ist ebenso gesichertes Versuchsresultat wie die Reizmaassformel $h = k \log \frac{q}{s}$.

Ueber die Nachweisbarkeit eines biserialen Archipterygium bei Selachiern und Dipnoërn.

Von

A. Bunge, stud. med.

(Hierzu Tafel VIII und IX.)

Um mit den Nachweisen der zur Fundamentalliteratur der neueren vergleichenden Anatomie gehörenden Schriften Carl Gegenbaur's über das Extremitätenskelet der Wirbelthiere, wenigstens theilweise auf eigene Wahrnehmung gestützt, näher bekannt zu werden, habe ich die Brust- und Bauchflosse der Selachier untersucht. Die Anregung zu dieser Untersuchung verdanke ich Dr. E. Rosenberg, unter dessen Leitung dieselbe ausgeführt wurde an dem im anatomischen Museum zu Dorpat vorhandenen Material, das mir von Prof. Reissner in freundlichster Weise zur Disposition gestellt wurde.

In seiner Theorie, gegen deren Richtigkeit bisher keine ernsteren Argumente, wohl aber manche für dieselbe angeführt sind, weist Gegenbaur nach, dass dem Extremitätenskelet der Wirbelthiere eine Urform, das Archipterygium, zu Grunde liege. Dieses Archipterygium erwies sich nach der Entdeckung des Ceratodus, in dessen Flossen dasselbe in vollkommenster Ausbildung angetroffen wird, als ein gefiedertes, „biseriales", wie Gegenbaur, gestützt auf den Nachweis desselben an Haien, d. h. auf das Auffinden medial der Basalreihe des Metapterygium sitzender Radien, neben den, den grössten Theil der Flosse bildenden lateralen, in seiner Abhandlung „Ueber das Archipterygium"[1]), gezeigt hat. Es betrafen aber diese Befunde an Haien nur fünf Species, und es war daher von Interesse, auf ein biseriales Archipterygium zu beziehende Formbestandtheile des Flossenskelets, die erwartet werden mussten, bei einer grösseren Anzahl von Selachiern nach-

1) Diese Zeitschrift Band VII S. 131.

zuweisen. Einige Resultate an Haien, denen Gegenbaur keine medialen Radien zuschrieb, und namentlich an Rochen, denen Gegenbaur dieselben überhaupt abspricht, veranlassten mich daher, diese Untersuchungen fortzusetzen, die ich nunmehr nach vollständiger Benutzung des Materials als beendet ansehen darf. In der Möglichkeit, den Nachweis medialer Radien an einer grösseren Menge von Selachiern zu liefern, was darzulegen die Aufgabe der folgenden Betrachtung sein soll, möge diese die Berechtigung ihrer Veröffentlichung finden. Diejenigen Ergebnisse, die auf die von Gegenbaur aufgestellte Theorie der Bildung des Pro- und Mesopterygium Bezug haben, sollen gelegentlich im Verlauf dieser Mittheilung angeführt werden, nachdem ich vorausgeschickt, dass sich nirgends Zustände fanden, die dieser Bildungstheorie stricte widersprachen. Es wären hier hauptsächlich diejenigen Formen hervorzuheben, die als Uebergangsformen den durch Gegenbaur[1]) bekannt gewordenen angeschlossen werden könnten und namentlich bei durch Concrescenz von Radien entstandenem Basale des Propterygium Verhältnisse zeigten, welche eine Verschmelzung einer geringeren Anzahl von Radien, und noch deutlicher, aufwiesen. — Was zunächst die Haie anbetrifft, so zeigten einige — von Gegenbaur nicht besprochene — eine wenn auch nur geringe Zahl medialer Radien, andere eine grössere Anzahl, als sie von Gegenbaur beobachtet war, und scheinen somit der Erwähnung werth. Eine Betrachtung der einzelnen Flossen wird die Verhältnisse derselben näher beleuchten. —

An einem Scyllium, dessen Species nicht bestimmt werden konnte[2]), folgte auf das mit dem Schultergürtel articulirende Basale des Metapterygium ein zweites Knorpelstück, dem ausser der Fortsetzung der Basalreihe lateral zwei Radien ansitzen, medial ein kleines, unregelmässig gestaltetes Knorpelstück, in welchem unzweifelhaft der Rest eines medialen Radius erkannt werden muss. An anderen Scyllien (Sc. catulus, maculatum) fand sich dieses Stück nicht; nur war an dem im vorigen Falle das mediale Knorpelstück tragenden Gliede der Basalreihe stets ein medial gerichteter

1) Diese Zeitschrift Bd. V. „Ueber das Skelet der Gliedmaassen d. Wirbelthiere im Allgemeinen und der Hintergliedmaassen d. Selachier insbesondere.“

2) Leider konnte nicht für alle hier besprochenen Selachier die Species bestimmt werden, da einerseits einige Objecte nicht ganz intact waren, andererseits Günther's Catalogue of the fishes in the British Museum Vol. VIII mir nicht zu Gebote stand, und die Diagnosen von Müller's und Henle's „systematische Beschreibung der Plagiostomen“ benutzt werden mussten.

Vorsprung bemerkbar, der an einen mit der Basalreihe verwachsenen medialen Radius erinnern konnte. Die Flosse eines jungen Sc. catulus erklärt diesen Vorsprung mit Sicherheit für einen mit dem Basale verwachsenen, im erst erwähnten Falle noch freien, medialen Radius, indem sie den Zustand zeigt, wo das Stück noch nicht vollkommen mit der Basalreihe verschmolzen ist. Die hintere Extremität von Scyllium catulus (fem.) war insofern interessant, als dort dem Basale des Propterygium nur zwei Knorpelstücke ansassen, dasselbe also durch partielle Verschmelzung von nur zwei Radien entstanden war, während an der von Gegenbaur abgebildeten Extremität eines männlichen Thieres[1]) schon vier in dasselbe eingegangen waren. Eben dasselbe Verhalten zeigte auch Sc. maculatum.

Aehnlich der Scyllienflosse verhielt sich auch die Brustflosse von Sphyrna (Fig. I). Auch hier hat das auf das Basale folgende Knorpelstück *mt'* einen medial gerichteten Fortsatz, der sich vom übrigen Stücke dadurch unterscheidet, dass er aus hyalinem Knorpel besteht, während im jenem eine beträchtliche Verkalkung Platz genommen hat, wie das in der Zeichnung angedeutet sein soll. Der Fortsatz kann daher, im Vergleich mit dem Verhalten der Scylliumflosse, wohl für einen mit der Basalreihe verschmolzenen Radius angesehen werden. Ausserdem aber trägt das Stück *mt'* noch einen medialen Knorpel und die Fortsetzung der Basalreihe *mt''* gleichfalls einen. Es lassen sich also hier mit ziemlicher Sicherheit drei mediale Radien unterscheiden. Bemerkenswerth ist hier der Umstand, dass die medialen Radien zerstreut der Basalreihe ansitzen, während sonst, wo mehrere bei einander liegen, sie stets nahe an einander gedrängt sind. —

Anders müssen wir das Verhalten an den Brustflossen von Mustelus und Pristiophorus erklären, das im Ganzen dem besprochenen ähnlich ist, aber auf die Auffassung, die Gegenbaur[2]) für die Basalreihe des Metapterygium an der Brustflosse von Chimaera gegeben, zurückgeführt werden muss; auch hier ist man genöthigt, eine Krümmung der Basalreihe anzunehmen. Die hintere Extremität von Mustelus zeigte am Basale des Propterygium deutlich die Entstehung aus drei Radien, die von Gegenbaur abgebildete

1) Diese Zeitschrift Bd. V. Fig. 6, Taf. XV.

2) Cf. Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere, Heft II, Leipzig 1865, Taf. IX, Fig. 15; diese Zeitschrift Bd. V. „Ueber das Skelet der Gliedmaassen u. s. w." S. 432 Anmerkung; und ibidem Bd. VII. „Ueber das Archipterygium" S. 134.

Bauchflosse [1]) schon aus vier. Bei Pristiophorus sassen dem das Basale des Propterygium bildenden Radius noch deutlicher zwei Radien an, als dieses bei Torpedo nach Gegenbaur [2]) der Fall ist.

Ein Versuch, über die Krümmung der Basalreihe an der Flosse von Chimaera durch die Untersuchung von Calorhynchus einigen Aufschluss zu erhalten, scheiterte an der grossen Aehnlichkeit beider Flossen, die sich nur durch eine an der Flosse von Calorhynchus vor sich gegangene Reduction unterschieden, welche sich namentlich an den bei Chimaera mit bestimmten Formen versehenen Endknorpeln der Radien des Metapterygium kenntlich machte. — Gleichfalls der Scyllienflosse sehr ähnlich war die Flosse von Galeus spec.?, Fig. II, die einen medialen Radius trägt (*a*), der sich hier nur näher an die Basalreihe anlegt. An einem erwachsenen Exemplar derselben Species war der Radius auch noch deutlich unterscheidbar.

Ein bei der Präparation der Brustflosse eines erwachsenen Carcharias bemerkter medialer Radius liess die Vermuthung aufkommen, dass, ebenso wie Gegenbaur [3]) für Acanthias gezeigt, die Embryonen von Carcharias gleichfalls eine grössere Anzahl medialer Radien aufweisen würden. Die Untersuchung bestätigte diese Vermuthung, indem sie für einen Embryo die Zahl von drei medialen Radien (Fig. III), für einen jungen Carcharias sogar vier mediale Radien ergab, wie das aus den Abbildungen hervorgeht. Auch an der von Gegenbaur abgebildeten [4]) Carchariasflosse wird man ohne Zweifel beim Vergleich mit den hier besprochenen Flossen drei mediale Radien wieder erkennen, da die Lagerung durchaus dieselbe ist. An Embryonen von Acanthias hatte Gegenbaur bereits eine Anzahl von vier medialen Radien nachgewiesen; indessen veranlasste mich das Auffinden einer Flosse mit sechs Radien, dieselbe nicht unerwähnt zu lassen. In Fig. IV ist dieselbe wiedergegeben. Die Basalreihe müssen wir in die Stücke *mt'* und *mt"*, die auf das mit dem Schultergürtel articulirende Basale folgen, verlegen, an denen sechs mediale Radien sich erkennen lassen, wenn wir das längliche etwas gekrümmte Stück, das parallel *mt"*

1) Diese Zeitschrift Bd. V, Taf. XV, Fig. 7.

2) Ibid. Fig. 13.

3) Diese Zeitschrift Bd. VII. „Ueber das Archipterygium". S. 135, 136 Taf. X, Fig. 6.

4) Untersuchungen zur vergleichenden Anat. d. Wirbelth. Heft II, Taf. IX, Fig. 5.

liegt, als aus zwei Radien verwachsen ansehen, wie das durch die punktirte Linie angedeutet sein soll. Eine andere Bestimmung der Basalreihe ist nicht wohl zulässig, da sonst mehrere dieser Knorpelstückchen nicht unterzubringen wären. — Von Dornhaien wurde noch Spinax niger untersucht. An einer Flosse fanden sich zwei mediale Radien. Bei einem acht Centimeter langen Embryo konnte unter der Loupe noch ein drittes Knorpelstückchen erkannt werden, das sich an die beiden anderen anlegt (Fig. V) und hier in der Zeichnung stärker dargestellt ist, um es deutlicher hervortreten zu lassen. Eine leichte Einkerbung am mittleren Stücke lässt vermuthen, dass es aus zweien verschmolzenen entstanden sei, wonach sich hier noch vier mediale Radien constatiren liessen.

Schliesslich ergab die Untersuchung eines Embryo von Scymnus Lichia, dass auch an der Flosse dieses Haies sich mediale Radien nachweisen lassen, die sich an der von Gegenbaur abgebildeten Flosse[1]) eines erwachsenen Exemplares nicht mehr erkennen lassen. Dem grossen Basalstück folgt ein zweites, welches drei mit ihm articulirende laterale Radien und ein in mehrere kürzere Hervorragungen auslaufendes kleines Stück trägt; von diesen kleinen Spitzen sind drei medial gerichtet. Es ist hier offenbar wieder eine solche Verwachsung medialer Radien mit der Basalreihe vor sich gegangen, wie sie an anderen Flossen (Scyllium, Sphyrna) bereits constatirt ist. Die am meisten vorragende Zacke halte ich für das Ende der Basalreihe, die anderen drei für Reste medialer Radien.

Es zeigt diese Betrachtung, dass das Vorkommen medialer Radien bei Haien nicht auf nur wenige Species beschränkt, vielmehr ein recht häufiges ist. Eine weitere Untersuchung an bedeutenderem Material, besonders an Species, die den mit medialen Radien versehenen nahestehen, lässt mit Sicherheit günstige Erfolge erwarten, und namentlich dürfte die Untersuchung an Embryonen, an denen die allmählige Reduction und das Verschwinden der Radien nachweisbar ist, zu sehr interessanten und lohnenden Resultaten führen. —

Wie schon am Anfang kurz angedeutet, lassen sich auch an Rochen deutliche Spuren eines biserialen Archipterygium nachweisen. Sie sind im Vergleich zur Grösse der übrigen Flosse freilich nur unbedeutend und schwerer zu bemerken, als an Haien, was

1) Unters. zur vergl. Anat. d. Wirbelthiere Heft II, Taf. IX, Fig. 9.

wohl die Veranlassung gewesen, dass sie GEGENBAUR, der die Flossen der Rochen auf das Verhalten der Basalien untersucht hat, entgangen sind. Bei einer näheren Betrachtung dürfte sich jedoch herausstellen, dass bei ihnen reichliche Ueberreste medialer Radien erkannt werden können, die in noch ursprünglicherer Form als bei den Haien sich finden.

Zum Ausgange der Darstellung wähle ich die Brustflosse von Rhynchobatus, da an ihr die Bestimmung der Basalreihe, die nicht immer sich von selbst ergiebt, keine Schwierigkeiten macht und nach dem Befund an dieser Flosse die Verhältnisse der anderen leichter zu beurtheilen sind.

An das grosse mit dem Schultergürtel verbundenen Basale des Metapterygium *mt* (Fig. VI) legt sich ein ebenso breites aber kurzes, distal sich verschmälerndes Stück *mt'* an, dem sich fünf Knorpelstücke anschliessen, von denen drei als proximale Glieder lateraler Radien leicht erkannt werden. Dem ersten Stück, von der medialen Seite hergezählt, sitzen zwei medial gerichtete Radien an, an das zweite *mt''* fügt sich eine Succession von noch fünf allmählich schmäler werdenden Knorpelstücken, denen sämmtlich auf der medialen Seite an reducirte Radien erinnernde Knorpel ansitzen. Es entsteht so eine Art unvollkommener aber deutlicher Fiederung, wobei natürlich die lateralen Radien wegen der bedeutenden lateralen Ausdehnung der Flosse beträchtlich länger sind, während die medialen, besonders die letzten, nur kurz und unregelmässig sind und mehr an die letzten Radien bei Ceratodus erinnern. Die Basalreihe fällt ohne Zweifel in die vorhin erwähnte Succession von Knorpelstücken, und verhält sich der bei Ceratodus gefundenen sehr ähnlich; das mediale der beiden an *mt'* sich anlegenden Stücke (*a*) muss aus den verschmolzenen proximalen Stücken der beiden an ihm sitzenden Radien entstanden gedacht werden; alsdann lassen sich deutlich neue mediale Radien zählen.

Es könnte hier der Einwand gemacht werden, dass dem ersten lateralen Radius ganz ähnliche Knorpel ansitzen; es sind aber diese wohl nur secundäre Bildungen, die gleich der wahren[1]) Dichotomie zur Unterstützung der allmählig kolossal sich entwickelnden Flosse sich herausgebildet haben; eine Bildung, der später noch mehrmals begegnet wird.

An der Flosse der linken Seite finden wir im Allgemeinen

1) Cf. GEGENBAUR „Ueber d. Skelett d. Gliedmaassen etc.“ Diese Zeitschrift Bd. V. S. 436.

dieselben Verhältnisse wieder, nur ist dort eine vom distalen Ende ausgehende Reduction erkennbar. Die Basalreihe ist hier noch deutlicher kenntlich, als an der rechten Flosse, da man hier zwei Stücke antrifft, die sowohl mediale als laterale Radien tragen, und daher die Fortsetzung derselben leichter zu bestimmen ist; aber die Basalreihe hat nicht mehr die Ausbildung, wie auf der rechten Seite, löst sich am Ende beinahe auf, und die Zahl der medialen Radien ist vermindert. Es lassen sich hier nur noch sechs bemerken. Auch hier sieht man die lateralen Radien mehr als dichotomisch getheilt, aber der Einwand, dass diese Knorpelstücke den für mediale Radien erklärten ähnliche Bildungen seien, ist wohl nicht zulässig. Es handelt sich hier eben nur um secundäre, den durch Dichotomie hervorgebrachten verwandte Gebilde.

Aehnlich den Flossen von Rhynchobatus sind die von Pristis semisagittatus (Fig. VII u. VIII). Auch hier sticht die Basalreihe von den lateralen Radien durch bedeutende Dicke und den Umstand ab, dass sie aus einer grösseren Menge aufeinanderfolgender Stücke besteht. Scheinbar theilt sie sich schliesslich dichotomisch, allein diese Theilung unterscheidet sich doch wesentlich von der Dichotomie, welche die daneben liegenden lateralen Radien aufweisen; es sind also die medial gerichteten Theilstücke für medial an der Basalreihe sitzende Radien zu halten. Die Fiederung ist nicht mehr eine so exquisit deutliche, wie bei Rhynchobatus; die Radien sind unregelmässig, bald länger, bald kürzer, gelegentlich unvollständig, wie z. B. der siebente an der linken Flosse, lassen sich aber immer noch deutlich zählen, und zwar sind es an der rechten Flosse sieben, an der linken wieder neun mediale Radien.

Weniger deutlich ist der Befund an Pristis antiquorum (Fig. IX). Die Basalreihe lässt sich allerdings wieder bestimmen, wie in der Zeichnung angedeutet ist; sie ist aber nur wenig dicker als die lateralen Radien. Dazu kommt, dass der erste laterale Radius rechts gar nicht dichotomisch getheilt ist, auf der linken Seite nur unvollkommen, wodurch die Berechtigung, die mit *Bs* bezeichnete Succession von Knorpelstücken als Basalreihe zu deuten, vielleicht in Zweifel gezogen werden könnte; dennoch aber wird die in der Zeichnung als solche bezeichnete beim Vergleich mit der Flosse von Rhynchobatus als die richtige beizubehalten sein. Noch weniger deutlich sind die medialen Radien, die sich theils der Basalreihe parallel an diese gelegt haben, theils als ein Complex von unregelmässigen polygonalen und runden Platten, die wohl

durch Reduction und Verschmelzung von Radien entstanden sind, dem Beobachter präsentiren. Eine Zählung der Radien ist ganz unmöglich; wir müssen uns jedenfalls eine grosse Anzahl derselben in den Knorpeln enthalten denken. Vielleicht lässt die Untersuchung von Embryonen, die mir nicht zu Gebote standen, die hier gezeigten Verhältnisse näher erklären.

Bei weitem leichter fällt die Deutung des gleichfalls zu den Squatinorajae gehörigen Rhinobatus (Fig. X). Die Basalreihe tritt deutlich hervor und mit Sicherheit kann man fünf Radien zählen, wenn nicht der mittlere, der eine Dichotomie zeigt, durch Verwachsung der beiden proximalen Glieder zweier Radien (Aehnliches wurde an Rhynchobatus, Acanthias und Spinax bemerkt) entstanden ist, in welchem Falle man es hier mit sechs Radien zu thun hätte.

An den zur zweiten Familie gehörigen Rochen, den Torpedines, fanden sich nirgends Andeutungen einer zweiten, medialen Serie von Radien, auch nicht einmal bei sehr jungen Embryonen, dagegen zeigten die Rajae, von denen eine grössere Anzahl zur Untersuchung kam, sämmtlich an der Brustflosse deutliche Spuren medialer Radien, wie aus der folgenden näheren Betrachtung hervorgehen wird. Im Princip ist die Anordnung der hier interessirenden Theile an den Flossen verschiedener Species von Raja, mit Ausnahme weniger Variationen in der Anzahl der Radien und einiger anderer weniger bedeutender Abweichungen, ziemlich dieselbe. Es werden daher, nachdem eine Art näher besprochen ist, die Verhältnisse an anderen sich leicht ergeben, ohne dass sie einer eingehenderen Erörterung unterzogen zu werden brauchen.

An der Brustflosse von Raja miraletus (Fig. XI) sieht man wieder dem zweiten Stücke der Basalreihe *mt'* distal zwei Knorpelstücke anlagern, ein grössers laterales *mt"* und ein kleineres mediales. An das erstere stossen zwei Succssionen von Knorpeln, zwischen denen entschieden werden muss, welcher die morphologische Bedeutung der Basalreihe zukommt. Sowohl der Umstand, dass der einen mehr radienartige Fortsätze anliegen, als auch die grosse Uebereinstimmung der anderen mit den lateralen Radien, müssen für die erstere, medial gelegene Knorpelreihe entscheiden. Der laterale Strahl ist nur ein dreigetheilter lateraler Radius, ähnlich den bei Rhynchobatus beobachteten Radien. Es liegt also hier noch am dritten Stücke der Basalreihe ein lateraler Radius; ein Umstand, der bei fast allen Arten von Raja, nur mit einer Aus-

nahme[1]) wiederkehrte; es ist das für die Bestimmung der Basalreihe wichtig und daher hervorzuheben. Hierauf ist die Bestimmung der Radienzahl leicht; es sind mit den kleinen Knorpeln nahe dem Ende der Basalreihe, die man ohne Zweifel mitzählen muss, deutlich sechs mediale Radien. Die Flosse eines jüngeren Exemplars derselben Species zeigte auf den ersten Blick ein ziemlich ähnliches Bild (Fig. XII). Wieder findet sich hier ein dreigetheilter Radius, nach welchem zu urtheilen man in der nächsten medial folgenden Knorpelreihe die Fortsetzung der Basalreihe erkennen könnte. Wenn man aber so deutete, so sässe am dritten Stück der Basalseihe kein lateraler Radius, da der vorhin erwähnte dreigetheilte Radius *l'* sich als letzter an's zweite Stück *mt'* ansetzt. Derselbe findet unter Benutzung dieses Kriteriums bei der Fig. XI abgebildeten Flosse sein Homologon an dem hier ebenfalls mit *l'* bezeichneten Gebilde, das als zweiter lateraler Radius zu betrachten ist, da als erster der mit *l* bezeichnete, dreigetheilte nach der vorhin für diese Flosse gegebenen Deutung sich herausgestellt hat. Ein Homologon dieses Radius wäre bei der Fig. XII abgebildeten Flosse in dem mit *l* bezeichneten, ebenfalls in drei Spitzen auslaufenden, an das Stück *mt"* sich anfügenden Flossenbestandtheil zu sehen, dieser somit nicht als Ende der Basalreihe und als zwei ihr ansitzende mediale Radien, sondern als erster lateraler dreigetheilter Radius zu bezeichnen. Die Fortsetzung der Basalreihe läge dann in der medial neben ihm sich findenden Succession von Knorpelstücken (XII *Bs*). Ein Vergleich mit der betreffenden Stelle der Brustflosse der anderen Seite (Fig. XIII) spricht in unzweideutiger Weise für die letztere Auffassung; in allen drei Flossen sind die Radien *l'* unzweifelhaft homolog, und der mit *l* bezeichnete Bestandtheil der Fig. XIII abgebildeten Flosse, den man dem Radius *l* der zuerst erwähnten Flosse (Fig. XI) und dem fraglichen mit zwei medialen Radien versehenen Endabschnitt der Basalreihe der zweiten (Fig. XII *l*)

1) Es findet diese Ausnahme bei Raja marginata (?) (cf. Fig. XIV) statt; hier sitzt dem dritten Stück der Basalreihe kein lateraler Radius an, ein Verhalten, das übrigens nur scheinbar eine Ausnahme bedingt, wenn man annimmt, dass in diesem Falle das proximale Ende des ersten lateralen Radius als gesonderter Bestandtheil sich erhalten hat, während es bei der Fig. XI abgebildeten und den anderen sich hierin ähnlich verhaltenden Flossen mit dem dritten Stück der Basalreihe verschmolzen ist, eine Annahme, welche die in der Zeichnung wiedergegebene Art der Verkalkung des Stückes *mt"* (das somit mehr als das dritte Stück der Basalreihe repräsentirte) entstehen lassen muss.

homolog setzen müsste, zeigt in der Form deutlich die Radiennatur und ist zufolge seiner Stellung zu der hier nicht zu verkennenden Basalreihe als erster lateraler dreigetheilter Radius zu betrachten. Der Fig. XII wiedergegebene starke Knorpelstrahl *l*, der leicht für den radienbesetzten Endabschnitt der Basalreihe angesehen werden könnte, ist also nur ein lateraler dreigetheilter Radius, der sich eng an die Basalreihe angedrückt hat. An jeder Flosse des jüngeren Exemplars lassen sich vier deutliche mediale Radien unterscheiden, an der rechten wohl auch fünf.

Den Verhältnissen der linken Brustflosse von Raja miraletus (Fig. XIII) ordnen sich leicht und ohne einer weiteren Besprechung zu bedürfen die Flossen von Raja marginata (Fig. XIV) mit 5, Raja spec? mit 4, vielleicht auch 5 medialen Radien (wenn man das auf den zweiten Radius folgende Knorpelstück als besonderen Radius und nicht als Endstück des dritten rechnet) und Raja clavata mit 4 Radien unter. An Raja clavata schliesst sich die Flosse von Raja spec? (Fig. XV) nur mit der unbedeutenden Aenderung an, dass das dem dritten Stück der Basalreihe *mt"* anliegende Stück, das sonst frei ist, hier mit der Basalreihe verschmolzen ist. Auch sind die Radien unter einander stark verschmolzen und zu kleinen Vorsprüngen reducirt, werden aber durch in sie hinein sich erstreckende Verkalkung deutlicher gemacht.

Auch die Deutung der in Fig. XVI dargestellten Flosse von Raja spec.? macht weiter keine Schwierigkeit. Wir sehen wieder den mehrfach getheilten ersten lateralen Radius und neben ihm die durch eine Menge kleiner medial gerichteter Knorpelstückchen kenntliche Basalreihe. Es lassen sich hier wieder deutlich neun mediale Radien zählen, ja vielleicht auch zehn, wenn man annimmt, dass der dichotomische sechste Radius durch Concrescenz der proximalen Enden zweier Radien entstanden ist. Die Richtigkeit dieser Annahme wird durch das häufige Vorkommen solcher Verwachsungen, die im Laufe der Untersuchung schon mehrfach bemerkt sind, sehr wahrscheinlich.

Schliesslich kam noch Raja vomer zur Untersuchung (Fig. XVII). Sie weicht am meisten vom allgemeinen Verhalten ab, wie die Abbildung zeigt. Die Basalreihe wird man nicht in den vom lateralen Rande des dritten Stücks der Basalreihe *mt"* abgehenden Knorpelstrahl *l* versetzen können, sondern wie bei den eben besprochenen Extremitäten anderer Rajae in den nächsten

medial gelegenen (*Bs*). Alsdann lässt sich mit einiger Sicherheit die Zahl der medialen Radien auf acht bestimmen.

Geringer schon sind die Spuren bei den Myliobatiden. An einem Exemplar von Myliobatis aquila (Fig. XVIII) könnte man zwei mit den proximalen Stücken verwachsene mediale Radien annehmen, wenn nicht an einem anderen Exemplar sich mit Sicherheit nur ein einziger Radius erkennen liesse, woraus folgen würde, dass die Basalreihe an dem ersten Exemplare in den für einen ersten medialen gehaltenen Radius gelegt werden müsse. Bei Myliobatis Nieuhofii (Fig. XIX). könnte man drei mediale Radien anzunehmen veranlasst werden (ja sogar fünf, wenn nicht der Umstand, dass am distalen Ende der Radien bei Myliobatis stets eine Anzahl kleiner Knorpel sitzt, hier die auf die beiden endständigen Knorpelstückchen gestützte Annahme einer ursprünglichen Trennung bezweifeln liesse). Allein beim Vergleich mit Myliobatis aquila wird man diese Deutung fallen lassen müssen, und kann alsdann mit Sicherheit nur einen sehr langen medialen Radius constatiren.

Ebenso unbedeutend sind die Reste medialer Radien bei den Trygonen. Eine grössere Anzahl medialer Radien ergab noch die Flosse von Taeniura lymma (Fig. XX). Dass die Basalreihe in der Abbildung richtig bezeichnet ist, unterliegt wohl keinem Zweifel. Wenigstens vier Radien können an der medialen Seite der Basalreihe unterschieden werden. Einen oder zwei Radien kann man bei Pteroplatea micrura, Trygon Walga und Trygon Kuhlii erkennen; bei Trygon spec.? darf man wohl keinen medialen Radius annehmen. Die drei kleinen Endknorpel der Basalreihe müssen ebenso wie die bei Myliobatis vorhandenen erklärt werden. — Die Familie der Cephalopteren war in der Sammlung nicht vertreten. —

Es geht wohl aus dieser Untersuchung zur Genüge hervor, dass bei den meisten Rochen die Spuren einer biserialen Anordnung des Archipterygium noch grösser und ursprünglicher sind, als bei den Haien. Somit hat sich die am Anfange ausgesprochene Erwartung, dass mediale Radien bei einer grösseren Menge von Selachiern vorhanden sein müssten, bestätigt. Leider sind die Reste fossiler Selachier, bei denen eine grössere Anzahl medialer Radien zu erwarten wäre, nur sehr geringe. Unter den Abbildungen, die Agassiz[1]) veröffentlicht hat, ist nur ein besser erhaltenes

1) Recherches s. l. poiss. foss. vol. III.

Rochenskelet (Asterodermus platypterus Table 44 Fig. 2. Solenhofen, aus dem oberen Jura); doch sind Andeutungen an mediale Radien nicht zu bemerken. Erwähnenswerth scheint aber die hintere Extremität, an der der erste mit dem Beckengürtel verbundene Radius noch nicht die Grösse und Dicke besitzt, wie das bei Raja Schultzii[1]) im Vergleich zu den übrigen Radien der Fall ist. Es bildet also diese Flosse in einer morphologischen Reihe eine Uebergangsform von dem von GEGENBAUR als hypothetische Skeletform aufgestellten uniserialen Archipterygium zu der hinteren Extremität von Raja.

Auffallend ist es, dass sich an der hinteren Extremität der Selachier, die doch der Urform näher steht als die vordere, nirgends auch nur die geringsten auf ein biseriales Archipterygium hinweisenden Spuren erblicken lassen. Es hat das wohl darin seinen Grund, dass das Basale des Metapterygium sich sehr nahe an den Körper anlegt, und nur das äusserste Ende frei hervorragt, so dass für mediale Radien kein Raum übrig bleibt. —

Unter den drei Genera jetztlebender Dipnoër hat Ceratodus die biseriale Anordnung des Flossenskelets, Protopterus (Rhinocryptis Peters) die uniseriale, und bei Lepidosiren ist endlich nach Angaben der Autoren[2]) nur noch die Basalreihe übrig geblieben. Indem GEGENBAUR die Flosse von Protopterus dem uniserialen Archipterygium unterordnete, hat er die an derselben vorhandenen Radien für laterale genommen und blieb auch nach Feststellung des biserialen Archipterygium bei dieser Deutung; dass sich aber gegen diese Deutung manches einwenden liesse, dürfte vielleicht aus der nachfolgenden Betrachtung hervorgehen. GÜNTHER[3]) vergleicht die Stammreihe (im Sinne GEGENBAUR's) der Störflosse mit der die Basalreihe repräsentirenden Axe der Ceratodusflosse, und deutet bei einer Stellung der Ceratodusflosse (cf. Fig. XXI, die

1) Cf. diese Zeitschrift Bd. V „Ueber das Gliedmaassenskelet etc." Tf. XV, Fig. 11.

2) Namentlich ist hier J. HECKEL zu nennen, der später als die anderen Autoren Lepidosiren gerade auf diesen Punkt untersucht hat. (Bemerkungen über Lepidosiren. Briefliche Mittheilung in MÜLLER's Archiv für Anat. u. Phys. 1845.)

3) Philosoph. Transctions of the Royal Society of London, vol. 161. pag. 582 und 533. Was die specielle Deutung anbetrifft, die GÜNTHER dem von ihm S. 532 im Holzschnitt mit *a* bezeichneten Stück giebt, in welchem er das Pro-, Meso- und Metapterygium GEGENBAUR's wiedererkennen will, so dürfte dieselbe wohl bei der Bedeutung, die GEGENBAUR diesen Bezeichnungen zugeschrieben wissen will, nicht aufrecht erhalten werden können.

Günther's Fig. 2 l. c. tab. XXX wiedergiebt) bei welcher diese ihre ventrale Fläche lateralwärts, ihren lateralen Rand dorsal gerichtet zeigt, die in dieser Stellung dorsal gerichteten Strahlen der Ceratodusflosse als homolog den notorisch lateralen der Störflosse. Diese Deutung, deren Correctheit nicht beanstandet werden kann, lässt die (in der gegebenen Stellung) ventral gerichteten Radien der Ceratodusflosse als die medialen erkennen. Stellt man jetzt die Flosse eines Selachiers daneben (Fig. XXIII), von der in der beistehenden Abbildung gleichfalls die ventrale Fläche durch Heraufschlagen der Flosse sichtbar ist, so bemerkt man, dass die hier notorisch lateralen und medialen Radien dieselbe Stellung einnehmen wie die in der Ceratodusflosse als laterale resp. mediale Strahlen angesprochenen Gebilde.

Ein Vergleich nun mit der Protopterusflosse (Fig. XXII), der stetig eine Stellung zukommt, bei welcher ihre (eigentlich) ventrale Fläche lateralwärts gekehrt ist, und an der man eine durch Drehung der Flossenaxe vor sich gegangene Lagenveränderung anzunehmen, durchaus nicht veranlasst sein kann, zeigt, dass die bei Protopterus vorhandenen Radien ihrer Situation nach jedenfalls den dorsalen bei Ceratodus nicht entsprechen, wohl aber mit den ventralen vollkommen übereinstimmen, also medial sind. Es sind also hier gerade die lateralen verloren gegangen, und die gewiss gerechtfertigte Erwartung, Rudimente lateraler Radien aufzufinden, hat sich bei der zu diesem Zweck vorgenommenen Untersuchung mikroskopischer Schnitte, die aus der Flosse eines jüngeren Thieres gefertigt wurden, nicht bestätigen lassen.

Dass das biseriale Archipterygium ursprünglich eine grosse Verbreitung gehabt haben muss, hat bereits Gegenbaur, gestützt auf das Vorkommen desselben bei Ceratodus und seine Beobachtungen an Haien, in der Abhandlung „Ueber das Archipterygium" hervorgehoben. Durch die in der vorliegenden Arbeit gewonnenen Resultate an Haien und namentlich Rochen dürfte diese Auffassung nicht unwesentlich bekräftigt werden. Vom biserialen Archipterygium, das unter den jetzigen Fischen nur noch im Ceratodus angetroffen wird, lassen sich die sämmtlichen Formen des Flossenskelets der heute lebenden Fische ableiten, von diesen wieder das Extremitätenskelet der höheren Wirbelthiere. In den Selachiern ist eine Rückbildung auf Kosten der medialen Radien vor sich gegangen, während die lateralen sich in einigen Selachiern zu kolossaler Mächtigkeit ausgebildet haben; ja in einigen ist die Reduction bis zum vollkommenen Schwund der medialen Radien fortgeschrit-

ten, so dass sie gleich den von ihnen ableitbaren Ganoiden und Teleostiern, wie Gegenbaur deutlich gezeigt hat, dem uniserialen Archipterygium untergeordnet werden können. Eine gleichfalls uniseriale Anordnung lässt sich in der Flosse von Protopterus wiedererkennen, nur in einem ganz anderen Sinne, da hier gerade die lateralen Radien verloren gegangen sind, wenn die vorhin gegegebene Deutung, wie ich nicht zweifele, richtig ist. In Lepidosiren endlich sind sämmtliche Radien geschwunden und nur noch aus der vorhandenen Basalreihe kann, aber im Vergleich mit den übrigen Flossen mit Sicherheit, auf die Ableitbarkeit vom biserialen Archipterygium geschlossen werden. —

Dorpat, d. 25. Juli (6. August) 1873.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. VIII und IX.

Die meisten der Abbildungen stellen den kritischen Abschnitt der rechten Flosse von der ventralen Seite her gesehen dar; ist die linke Flosse abgebildet, so ist das besonders erwähnt. Die dunklere, punktirte Zeichnung in einigen Rochenflossen, soll die in denselben vor sich gegangene Verkalkung wiedergeben. Das Maass der Vergrösserung der einzelnen Flossen ist ein sehr verschiedenes. Von den dunklen Strichen sollen die dickeren das Ende der Basalreihe, die dünneren die Enden der medialen Radien andeuten; die Zahlen zeigen die Anzahl der medialen Radien an. Bs = Ende der Basalreihe; *mt*, *mt'*, *mt"* = erstes, zweites, drittes Stück der Basalreihe.

Fig. I. Sphyrna Tiburo.
Fig. II. Galeus spec? (Embr. von 14 Cm. Länge).
Fig. III. Carcharias spec? (Embr. von 22 Cm. Länge).
Fig. IV. Acanthias vulgaris (Embryo von 22 Cm. Länge).
Fig. V. Spinax niger (Embryo von 8 Cm. Länge).
Fig. VI. Rhynchobatus laevis r. Fl.
Fig. VII. Pristis semisagitta us r. Fl.
Fig. VIII. „ „ l. Fl.
Fig. IX. Pristis antiquorum r. Fl.
Fig. X. Rhinobatus spec? l. Fl.
Fig. XI. Raja miraletus (älteres Exemplar).
Fig. XII. „ „ r. Fl. } jüngeres Exemplar.
Fig. XIII. „ „ l. Fl. }
Fig. XIV. Raja marginata (?) l. Fl.
Fig. XV. Raja spec?
Fig. XVI. Raja spec?
Fig. XVII. Raja vomer.
Fig. XVIII. Myliobatis aquila.
Fig. XIX. Myliobatis Nieuhofii.
Fig. XX. Taeniura lymma.
Fig. XXI. Schematische Zeichnung des Verhaltens der Brustflosse zum Körper von Ceratodus (nach Günther).
Fig. XXII. Die gleiche Darstellung von Protopterus (nach Peters).
Fig. XXIII. Die gleiche Darstellung von einem Selachier. Die Basalreihe ist stärker markirt.

Ueber eine sechszählige fossile Rhizostomee
und eine vierzählige fossile Semaeostomee.

Vierter Beitrag zur Kenntniss der fossilen Medusen.

Von

Ernst Haeckel.

(Hierzu Taf. X. und XI.)

Den zwölf verschiedenen Arten von fossilen Medusen, welche ich in drei früheren Aufsätzen beschrieben und abgebildet habe[1]), kann ich heute die Darstellung von zwei neuen Species anreihen, welche beide der Gruppe der höheren Medusen oder Discomedusen (Acraspeden oder Phanerocarpen) angehören. Beide Ordnungen dieser Gruppe, die einmündigen Semaeostomeen und die vielmündigen Rhizostomeen, sind in den beiden neuen Arten vertreten. Die neue fossile Semaeostomee ist im Gegenabdruck vortrefflich conservirt, noch mehr die neue fossile Rhizostomee. Die letztere bietet so eigenthümliche Zahlen- und Form-Verhältnisse dar, dass sie unter allen bisher aufgefundenen Medusen-Petrefacten als das interessanteste bezeichnet werden muss. Die willkommene Gelegenheit, beide Discomedusen zu untersuchen und

1) Zum besseren Verständniss der beiden hier beschriebenen und abgebildeten fossilen Medusen bitte ich meine drei früheren Arbeiten zu vergleichen:

I. Ueber fossile Medusen. Zeitschr. für wissenschaftl. Zoologie, 1865, Bd. XV, S. 504, Taf. XXXIX.

II. Ueber zwei neue fossile Medusen aus der Familie der Rhizostomiden. Bronn's N. Jahrb. für Mineralogie, 1866, S. 257—292; Taf. V und VI.

III. Ueber die fossilen Medusen der Jura-Zeit. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie, 1870, Bd. XIX, S. 538—562. Taf. XL—XLII.

zu beschreiben, verdanke ich (wie bei der Mehrzahl der früher beschriebenen Formen) der zuvorkommenden Güte meines verehrten Freundes, Herrn Professor Zittel in München, dem ich hierdurch meinen verbindlichsten Dank dafür abstatte. Auch die beiden neuen Abdrücke sind (gleich allen anderen) in den lithographischen Schiefern der baierischen Grafschaft Pappenheim gefunden worden, deren geologische Formation zum Corallenkalk des oberen Jura gehört.

Der grössere von den beiden nachstehend beschriebenen Abdrücken ist eine stattliche Rhizostomee. Während aber alle anderen lebenden und fossilen Angehörigen dieser Ordnung, die wir kennen, vierzählig oder achtzählig sind, ist unsere neue Art sechszählig, und verhält sich zu den ersteren ähnlich, wie in der Geryoniden-Familie die sechszähligen Carmariniden zu den vierzähligen Liriopiden. Das neue Genus nenne ich *Hexarhizites*, die dadurch vertretene Familie *Hexarhizitida*.

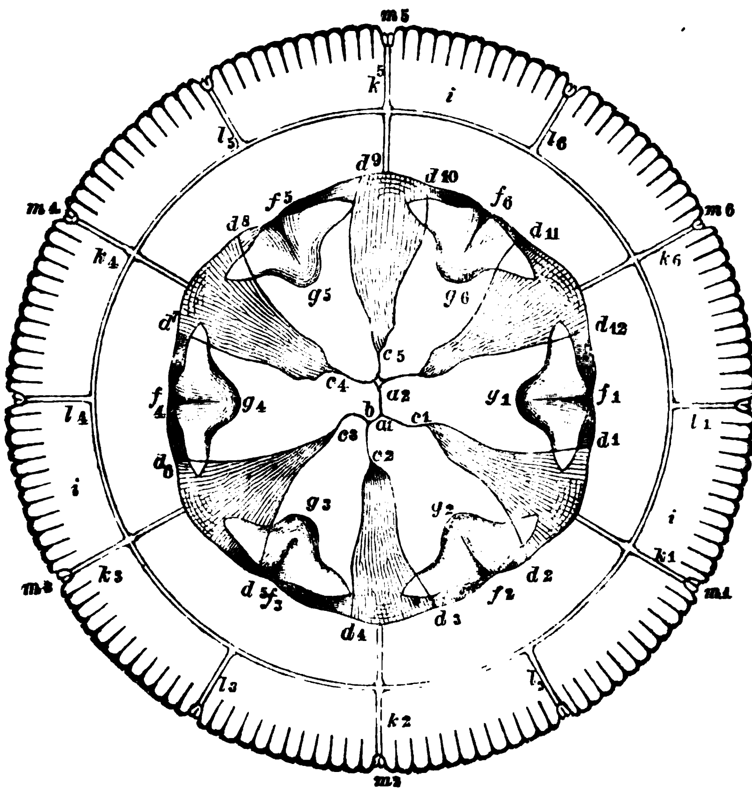
In meiner früher publicirten Untersuchung über *Crambessa Tagi*, die merkwürdige im Tajo bei Lissabon lebende Rhizostomee[1]), habe ich eine schärfere Charakteristik der Rhizostomeen-Ordnung und der darin unterschiedenen sechs Familien zu geben versucht, als bisher aufgestellt worden war (l. c. S. 532). Bei allen diesen bisher bekannten Rhizostomeen ist der Körper aus vier Antimeren zusammengesetzt und besitzt vier Paar Mundarme und vier Geschlechtsorgane (letztere sind bei den Cassiopejiden in acht Genitaltaschen zerfallen, bei den Crambessiden umgekehrt zu einer einzigen kreuzförmigen Genitaltasche mit vier Schenkeln verschmolzen). Unser *Hexarhizites* ist das erste Beispiel einer Rhizostomee mit sechs Antimeren, und muss daher nach den bisher in der Systematik dieser Gruppe giltigen Principien als Repräsentant einer besonderen, siebenten Familie angesehen werden. Wahrscheinlich war diese Familie auch noch durch andere (correlative) Eigenthümlichkeiten ausgezeichnet, die an unserem Petrefacte nicht mehr erkennbar sind. Die charakteristische Form ihrer Subgenital-Klappen erinnert an *Crambessa*. Die Form der sechs Paar Mundarme scheint am meisten derjenigen der echten Rhizostomiden (oder Stomolophiden) ähnlich gewesen zu sein.

1) Ueber die Crambessiden, eine neue Medusen-Familie aus der Rhizostomeen-Gruppe. Zeitschr. f. wissensch. Zool. 1870, Bd. XIX, S. 509—537. Taf. XXXVIII, XXXIX.

Dass unser *Hexarhizites* jedenfalls zu der Rhizostomeen-Ordnung gehörte, geht unzweifelhaft aus der scharf ausgeprägten und ganz charakteristischen Gestalt hervor, welche uns die Oralfläche der Mundscheibe und der in ihr verlaufenden Armnähte, sowie deren Vereinigung in der centralen Mundnaht darbietet. Aus der Form dieser Mundnaht und der von ihr ausgehenden Schenkel geht hervor, dass die zugewachsene Mundöffnung ein Querspalt war. Dadurch zerfällt der sechsstrahlige Medusen-Schirm in zwei symmetrisch-gleiche Hälften, deren Trennungslinie die Verlängerung der transversalen Mundspalte (resp. der Mundnaht) bilden würde. Beiderseits derselben ist die Symmetrie beider Hälften deutlich durch die sechs gabeltheiligen Mundarme angedeutet, die sich in zwei Gruppen von je drei Armen gegenüber stehen. Dadurch geht die reguläre Hexactinoten-Grundform der Meduse in die symmetrische Hexaphragmen-Grundform über, wie bei vielen sechszähligen Corallen (*Flabellum* u. s. w.). Aus der sechstheiligen regulären Pyramide entsteht die sechstheilige amphithecte Pyramide [1]). Nun stammen jedenfalls diese sechszähligen Formen von den älteren vierzähligen ab. Wahrscheinlich ist die phylogenetische Umbildung der ursprünglich kreisrunden Mundöffnung in eine transversale zweilippige Spalte die mechanische Ursache, welche die Entstehung der symmetrisch-sechsstrahligen (oder hexaphragmen) Grundform aus der ursprünglichen regulär-vierstrahligen (oder tetractinoten) Grundform bewirkte.

Diesen allgemeinen Vorbemerkungen lasse ich jetzt zunächst die allgemeine Charakteristik des neuen Genus sammt Species, und darauf die specielle Beschreibung des Petrefactes folgen. Ich schicke zum besseren Verständniss nebenstehenden Holzschnitt des vollständigen Medusen-Schirmes voraus, wie er sich aus der Restauration des Petrefactes ergiebt.

1) Generelle Morphologie, Bd. I, S. 469, 485, 556.



Restauration von Hexarhizites insignis
(in $^1/_3$ der natürlichen Grösse).

a_1 a_2 Mundnaht (a_2 Rest der Mundöffnung?). *b* Seitenast der Mundnaht. c_1—c_6 Bifurcationsstelle der perradialen Naht an der Basis der sechs Mundarme. d_1—d_{12} die Schenkel dieser Bifurcationen, durch welche die Mundscheibe in sechs Paar dreieckige Felder zerfällt. Die kleineren perradialen Felder sind schraffirt. Die grösseren (damit alternirenden) interradialen Felder sind weiss. Im peripherischen Theile der letzteren sind die dreieckigen Genitalhöhlen sichtbar, über deren inneren Eingang sich eine Subgenital-Klappe vorwölbt (*g*), während in der Mitte ihrer peripherischen Basis eine radiale Furche sichtbar ist (*f*). *i* Ringcanal. *k* Perradial-Canäle. *l* Interradial-Canäle. An den Enden dieser Radial-Canäle sind die Randkörper (*m*) angedeutet. Der Rand ist in 144 Randlappen gespalten.

1. Hexarhizites insignis, H.

(Medusites insignis, H.)

Taf. X.

Charakter des Genus Hexarhizites (zugleich Charakter der Familie der Hexarhizitiden): Medusen-Schirm aus sechs Antimeren zusammengesetzt, die beiderseits der centralen Mundnaht sich symmetrisch gruppiren. Die transversale zweilippige Mundöffnung (beinahe?) völlig zugewachsen, in der Mitte einer regulär-zwölfeckigen concaven Mundscheibe, die durch die verwachsene Basis von sechs starken gabelspaltigen Mundarmen gebildet wird. Die zwölf Arm-Aeste kurz, unverzweigt (?). Sechs interradiale Genitalhöhlen, über deren Eingang eine centripetale Subgenital-Klappe vorspringt. Zwölf Radial-Kanäle; an deren Enden zwölf Randkörper (?). Keine Randfäden. Schirmrand in zahlreiche Randlappen gespalten.

Charakter des Hexarhizites insignis: Medusen-Schirm kreisrund, (von 27 Cm. Durchmesser), an der Oralseite mit einer regulär zwölfeckigen Mundscheibe, deren Durchmesser ein Drittel des ersteren beträgt (9 Cm.). Mundscheibe aus dem Basaltheile von sechs verwachsenen breiten und kurzen Mundarmen zusammengesetzt, die sich in je zwei Gabeläste theilen. Die Verwachsungs-Nähte der Mundarme vereinigen sich im Centrum der Mundscheibe zu einer zwölfstrahligen Figur, zusammengesetzt aus sechs kleineren perradialen und sechs grösseren interradialen Feldern, deren Grenzen (die Verwachsungs-Nähte) als scharfe Leisten hervortreten. Die Mundnaht bildet einen Querspalt, in dem zwei interradiale Felder zusammenstossen. Beiderseits derselben sind die übrigen zehn Felder dergestalt vertheilt, dass die regulär-sechsstrahlige Grundform der Meduse in die amphithect-symmetrische übergeht. In der Peripherie jedes Interradial-Feldes eine gleichschenklig-dreieckige Genital-Höhle von 6 Cm. Grundlinie, über deren Eingang radial nach innen eine gewölbte Subgenital-Klappe vorspringt, 4 Cm. vom Centrum entfernt. Die 3 Cm. breite glatte Zone, welche diese Genital-Zone umgiebt, ist durch einen kreisrunden Ringcanal (von 21 Cm. Durchmesser) von der ebenfalls 3 Cm. breiten Randzone getrennt. An der Oral-Fläche der Randzone scharf ausgeprägte Ringmuskeln. Am Schirmrande 144 seichte Randlappen. 12 Randkörper oder Sinnesorgane (?). 12 Radial-Canäle.

Indem wir zur näheren Beschreibung unseres Petrefactes übergehen, wollen wir zunächst hervorheben, dass dasselbe einen

Gegenabdruck darstellt, d. h.. die erstarrte (im Ganzen convexe) Ausfüllungsmasse des (concaven) Abdrucks, welchen die Meduse im Schlamm des Jura-Meeres hinterlassen hatte. Wir dürfen uns wohl vorstellen, dass unser *Hexarhizites* (gleich der Mehrzahl der früher von mir beschriebenen fossilen Medusen) von den Wellen der Brandung auf den schlammigen flachen Strand geworfen und hier mit flach ausgebreitetem Schirme liegen geblieben war (wie man noch jetzt an dem flachen sandigen Strande unserer Ostsee an einem einzigen Tage oft Tausende von Aurelien gestrandet antrifft). Bei der verhältnissmässig bedeutenden (oft fast knorpelartigen) Consistenz, durch welche sich der Schirm gerade der meisten Rhizostomeen auszeichnet, konnte die Oralfläche desselben einen deutlichen Abdruck in dem äusserst weichen und feinkörnigen Kalkschlamme des Jura-Meeres hinterlassen. In dieser scharf ausgeprägten Form erhärtete der Abdruck zu festem Schiefergestein. Der Medusen-Schirm, der seine Concavität ausfüllte, vertrocknete oder verfaulte. In den Abdruck aber wurde später eine neue Ablagerung von Kalkschlamm abgesetzt, welche nun zum Gegenabdruck erhärtete. Einen solchen Gegenabdruck stellt unsere *Hexarhizites*-Platte dar. In demselben sind natürlich alle convexvorspringenden und sehr dicken Theile des Medusen-Schirms ebenfalls convex (so z. B. die Mundnaht, die Armnähte, die Subgenital-Klappen u. s. w.). Hingegen sind alle concav-vertieften und sehr dünnen Theile des Medusen-Körpers in dem Gegenabdruck ebenfalls concav (so z. B. die Concavitäten der Mundscheibe und der Mundarme, die dünne Randzone u. s. w.).

Diese Deutung der *Hexarhizites*-Platte erscheint mir unzweifelhaft richtig, indem ich sie mit meiner früher gegebenen Darstellung der lebenden *Crambessa Tagi* (l. c.) und des fossilen *Rhizostomites admirandus* (l. c.) vergleiche. Der Letztere stellt einen Abdruck, keinen „Gegenabdruck" vor, wie ich in meiner ersten Mittheilung über denselben irrthümlich angenommen hatte. Als ich denselben beschrieb, standen mir keine Präparate von Rhizostomeen und keine Abbildungen ihrer Mundscheibe zur Vergleichung zu Gebote. Ich hielt daher auch irrthümlich die perradialen Theile für interradial und umgekehrt. Erst später, als ich die lebende *Crambessa Tagi* untersucht hatte, konnte ich in meiner Beschreibung dieser letzteren jenen Irrthum verbessern (l. c. S. 528). Auch in meinem dritten Beitrage zur Kenntniss der fossilen Medusen (l. c. S. 557) habe ich denselben berichtigt. Es sind also alle Theile, welche bei *Rhizostomites admirandus* (im Abdruck)

concav erscheinen, bei *Hexarhizites insignis* (im Gegenabdruck) convex, und umgekehrt.

Die Schieferplatte, welche den Gegenabdruck von *Hexarhizites* enthält, ist quadratisch zugehauen. Die Seitenlänge des Quadrats beträgt 27 Centimeter. Ungefähr ebenso viel beträgt der Durchmesser der flach ausgebreiteten Medusenscheibe, welche bei vollständiger Erhaltung fast genau in den Rahmen der quadratischen Platte passen und nur in der Mitte der Seiten ein wenig mit ihrem Rande darüber hinausragen würde. Nun deckt aber der Medusen-Schirm die quadratische Platte nicht vollständig. Vielmehr bleibt an der Seite, welche auf unserer, nach einer Photographie copirten Abbildung (Taf. X) nach oben gerichtet ist, ein Raum von ungefähr 7 Centimetern ganz frei von dem Medusen-Abdruck. Dieser freie und für uns bedeutungslose Raum ist auf der Abbildung der Raum-Ersparniss halber weggelassen. Auf der entgegengesetzten Seite, welche in unserer Abbildung nach unten gekehrt ist, fehlt ein entsprechendes Stück des Medusen-Schirms, welches einem Radius von ungefähr 7 Centimetern entspricht. An den beiden anderen Seiten (rechts und links), welche auf unserer Tafel vollständig wiedergegeben sind, deckt der Schirmrand der Meduse beinahe den Rand der Schieferplatte; doch ist links ein kleines Stück des Schirmrandes weggebrochen und rechts reicht der letztere nicht ganz bis zum Plattenrand. Der Radius des Medusen-Schirms, von dem Mittelpunkte nach verschiedenen wohl erhaltenen Theilen des Schirmrandes gezogen, schwankt zwischen 13, $13^1/_2$ und 14 Centimeter, so dass also der Schirmdurchmesser durchschnittlich 27 Centimeter betragen haben wird.

Wie bei *Rhizostomites admirandus* können wir behufs übersichtlicher Beschreibung an unserem *Hexarhizites*-Schirm ein centrales kreisrundes Mittelfeld und mehrere concentrische Zonen unterscheiden, welche dasselbe ringförmig umgeben. Schon bei oberflächlicher Betrachtung lassen sich drei solcher Ringe oder Schirmzonen unterscheiden, von denen wir die äusserste als Randzone oder Muskel-Zone, die mittlere als glatte Zone oder „glatten Ring" und die innere, das Mittelfeld umschliessende, als Genital-Zone bezeichnen wollen. Von den $13^1/_2$ Centimetern des Schirmradius kommen durchschnittlich $4^1/_2$ Centimeter auf den Radius des kreisrunden Mittelfeldes, während jede der drei concentrischen Zonen durchschnittlich ungefähr 3 Centimeter breit ist.

Das Mittelfeld, dessen innerste Grenzen in unserer Figur durch die Buchstaben g_1—g_6 angedeutet werden, hat im Ganzen

die Gestalt eines regulär zwölfeckigen, flach concaven Napfes mit abgerundeten Ecken (*d*) und ist ein Gegenabdruck von der flach ausgehöhlten Mundscheibe der Meduse, welche durch die vereinigten breiten Basaltheile der sechs Mundarme gebildet wird. Der Rand des Mittelfeldes geht ohne scharfe Abgrenzung in die Genital-Zone über, in welcher die sechs Geschlechtsorgane liegen und welche den erhabensten Theil des Gegenabdrucks darstellt. Die Genital-Zone senkt sich nach aussen allmählich und ist durch eine theilweise scharfe, theilweise verwaschene Ringfurche (*h*) von der glatten Zone abgegrenzt, die nur wenig tiefer liegt und ein ziemlich erhabenes Plateau darstellt. Nach aussen fällt die letztere (bei *i*) plötzlich steil in die äussere Muskelzone oder Randzone ab, welche viel tiefer liegt, und wie ein ringförmiger Festungs-Graben den ganzen inneren convexen Theil des Abdrucks von dem umgebenden, höher vortretenden Theil der Schieferplatte trennt. Letztere bildet einen Wall um jenen Graben.

Da das Mittelfeld nach aussen ohne scharfe Abgrenzung in die Genitalzone übergeht, können wir seine Peripherie nicht genau bestimmen. Seine innerste (minimale) Begrenzung wird in unserer Abbildung durch die mit *g* bezeichneten innersten Vorsprünge der Genitalhöhlen gebildet, seine äusserste (maximale) Begrenzung hingegen durch die äussersten Enden (*d*) der zwölf radialen Leisten (*cd*). Der mittlere Durchmesser des Mittelfeldes beträgt ungefähr 9—10 Centimeter. Dasselbe ist im Ganzen concav, kreisrund, erscheint jedoch regulär zwölfeckig, sobald man die mit *d* bezeichneten Punkte in's Auge fasst. Es zerfällt nämlich durch sechs Paar radiale Linien in zwölf dreieckige Felder. Die radialen Linien treten äusserst klar hervor und sind die messerscharfen Rücken von convexen radialen Wülsten, zwischen denen die Scheibenfläche des Mittelfeldes stark vertieft ist. Die zwölf dreieckigen Felder, welche durch sie getrennt werden, sind im Ganzen gleichschenkelig, in der Mitte stark vertieft und steigen nach aussen, gegen ihre verwaschene Grundlinie hin, allmählich an. Auf den ersten Blick schon sieht man, dass diese zwölf Felder paarweise sehr verschieden sind und mit einander alterniren. Sechs kleinere Dreiecke zeichnen sich durch concave Seitenschenkel aus und sind mit ihrer Spitze durchschnittlich 1,5 Centimeter vom Mittelpunkte der Scheibe entfernt. Die sechs grösseren Dreiecke, welche mit ihnen abwechseln, haben im Ganzen dem entsprechend convexe Seitenschenkel und stossen in der Mitte der Mundscheibe zusammen.

Wenn wir das Mittelfeld unseres *Hexarhizites insignis* mit demjenigen des *Rhizostomites admirandus* vergleichen (l. c. Taf. V) so überzeugen wir uns sofort, dass die scharf hervortretende Zeichnung des Mittelfeldes in beiden Abdrücken ganz dieselbe Bedeutung haben muss. Die zwölf paarweise alternirenden dreieckigen Felder des *Hexarhizites* entsprechen in ihrer Configuration und Lagerung vollständig den acht paarweise abwechselnden Dreiecken in der Mundscheibe des *Rhizostomites*. Ich hatte in meiner Beschreibung des letzteren die vier kleineren, concav-gleichschenkeligen Dreiecke für interradial, die vier grösseren, convex-gleichschenkeligen Dreiecke für perradial erklärt, überzeugte mich aber später bei Untersuchung der lebenden *Crambessa Tagi* (l. c. S. 528, Anmerkung), dass diese Deutung unrichtig war, und dass vielmehr die ersteren perradial, die letzteren interradial sind. Dieser verbesserten und unzweifelhaft richtigen Deutung entsprechend müssen wir auch bei *Hexarhizites* die Mittellinien der sechs kleineren, concav-gleichschenkeligen Dreiecke für Perradien, und die Mittellinien der sechs grösseren, convex-gleichschenkeligen Dreiecke für Interradien erklären. Die letzteren, die interradialen Mittellinien, gehen durch die Mitte der Genital-Höhlen und Subgenital-Klappen hindurch und fallen aussen in der Randzone mit den sechs secundären Interradial-Canälen zusammen (l_1—l_6). Die ersteren, die perradialen Mittellinien, entsprechen den sechs primären Radiär-Canälen, deren Spuren in der Randzone deutlich sichtbar sind (k_1 — k_6), und den Mittellinien der sechs primären Mundarme. Die messerscharfen Leisten-Linien, welche die Dreiecke abgrenzen, sind vorspringende Kanten auf der Oralseite der Mundscheibe und entsprechen den scharfen Nähten, in denen die zusammengelegten Ränder der Mundarme und ihrer Gabeläste verwachsen sind. Ihre Vereinigung in der Mitte der Mundscheibe zeigt die völlige Verwachsung der Lippenränder an, durch welche unzweifelhaft die Rhizostomeen-Natur unserer Meduse bewiesen wird. An dieser Deutung festhaltend gehen wir nunmehr zu einer genaueren Betrachtung des Mittelfeldes und seiner einzelnen Theile über.

Das Centrum des Mittelfeldes zeigt bei *Hexarhizites* eine scharf ausgeprägte Figur, deren Einzelheiten nicht so leicht zu deuten sind, wie das einfache rechtwinkelige Kreuz im Centrum der Mundscheibe von *Rhizostomites* und den lebenden vierzähligen Rhizostomeen. Es bietet nämlich die Vereinigung der Armwülste oder Lippenfurchen im Centrum von *Hexarhizites* keineswegs eine

vollkommen symmetrische Figur dar; die sechs grösseren convex-gleichschenkeligen Dreiecke oder die sechs interradialen Genital-Felder, wie wir sie kurz nennen wollen, stossen nicht in einem gemeinsamen Mittelpunkte zusammen. Vielmehr vereinigen sich zwei gegenüberstehende Genitalfelder (g_1 und g_4) in einer Mittelnaht (a_1 a_2) und theilen dadurch den Medusen-Schirm in zwei symmetrische Hälften. In jeder dieser Hälften liegen zwei Genitalfelder nebeneinander, welche mit den gegenüberliegenden der anderen Hälfte gar keine Berührung haben. Wir können demnach unter den sechs interradialen Genitalfeldern oder den „convex-gleichschenkeligen Dreiecken" zwei gegenüberstehende centrale unterscheiden (g_1 g_4) und vier subcentrale, von denen in unserer Abbildung zwei oben links liegen (g_5 g_6), zwei andere aber unten rechts (g_2 g_3).

An dem peripherischen Theile der interradialen Genital-Felder tritt mehr oder minder deutlich eine Bogenlinie hervor, welche sich über die Basis des convex-gleichschenkeligen Dreiecks erhebt und convex gegen das Centrum vorspringt. An der convexen Wölbung dieser Bogenlinie steht in unserer Abbildung der Buchstabe *g*. Nach aussen gehen die beiden Schenkel der Bogenlinie in den Contur der nachher zu beschreibenden Genitalhöhlen über. Man könnte sie demnach ganz einfach als die innere Grenzlinie der letzteren deuten. Wahrscheinlicher ist es jedoch, dass die Bogenlinie der Contour eines klappenartigen Gallert-Wulstes ist, welcher den Eingang in die Genitalhöhle theilweise verschloss. Wenn wir nämlich unsere Figur mit der Abbildung von *Crambessa Tagi* vergleichen (l. c. Taf. XXXVIII, Fig. 2 *g*; Taf. XXXIX, Fig. 3 *g*), so finden wir hier ganz dieselbe Bogenlinie an der Oralseite des Schirms wieder. Hier ist dieselbe der Contour eines Organes, welches ich als Subgenital-Klappe bezeichnet habe, eines dicken soliden Gallertstückes, welches die peripherische Begrenzung des Einganges in die Genital-Höhlen bildet und klappenartig in centripetaler Richtung über die Mitte dieses Einganges vorspringt. Drei von den sechs Subgenital-Klappen treten in unserem Abdruck mit äusserst deutlichem Bogen-Contour hervor (ganz ähnlich denjenigen von *Crambessa*); das sind die drei in unserer Figur rechts und oben gelegenen Klappen g_6 g_1 g_2. Von den drei anderen Klappen (g_3 g_4 g_5) sind links und unten nur schwache Spuren zu erkennen.

Die Mundnaht, welche im Centrum des Mittelfeldes scharf ausgeprägt ist, erfordert eine besonders genaue Betrachtung. Sie

vertritt ohne Zweifel die Stelle der verwachsenen Mundöffnung und erscheint als eine gerade messerscharfe Kante von 5 Millimeter Länge. Dasjenige Ende der Mundnaht, welches in unserer Figur nach unten und rechts gerichtet ist (a_1) springt am schärfsten hervor und bildet die Spitze einer dreikantigen Pyramide. Die Mundnaht spaltet sich hier nämlich in zwei Schenkel; der kürzere von beiden Schenkeln (links, a_1 b) theilt sich in zwei Gabelleisten, welche die Spitze des untersten (dritten) Genitalfeldes umfassen (g_3); der längere Schenkel (rechts, a_1 c_1) scheidet die Spitzen des ersten und zweiten Genitalfeldes und theilt sich in zwei Gabelleisten, welche die Spitze des ersten perradialen Brachialfeldes umfassen (c_1 d_1 d_2). Das andere Ende der Mundnaht (a_2), welches in unserer Figur nach oben und links gerichtet ist, springt weniger hervor und läuft in ein kleines viereckiges Feldchen aus. Dieses trapezoide Feldchen (a_2) ist möglicherweise (!) der letzte, noch offene Rest der nicht vollständig verwachsenen Mundöffnung; dasselbe ist nämlich etwas grubenförmig vertieft. Seine beiden kürzeren convergirenden Seiten messen kaum einen Millimeter; von den beiden längeren parallelen Seiten misst die eine 1,5, die andere 2,5 Mm. Von diesem trapezoiden Feldchen aus divergiren drei scharf vorspringende Leisten, welche 10—12 Mm. lang sind und sich in je zwei Gabelleisten spalten, welche drei perradiale Brachial-Felder umfassen (c_4 c_5 c_6).

In Folge dieser Gestaltung des centralen Mundfeldes, welche durch die querspaltförmige Gestalt der Mundöffnung und durch die nicht ganz reguläre Verwachsung der Armnähte bedingt ist, haben die sechs interradialen Genitalfelder, welche nur mit Rücksicht auf den allgemeinen Umriss als „convex-gleichschenkelige Dreiecke" bezeichnet werden können, eine etwas verschiedene Gestalt und Grösse. Die beiden gegenständigen centralen Genitalfelder (g_1 und g_4) sind eigentlich nicht dreieckig, sondern mehreckig, und im centralen Theile breiter als die vier anderen. Das erste Genitalfeld ist streng genommen sechseckig (d_1 c_1 a_1 a_2 c_6 d_{12}). Die radiale Distanz von seiner centralen Spitze (a_1) bis zu der innersten Wölbung der sehr deutlich ausgeprägten Subgenital-Klappe beträgt 35 Mm. Das zweite Genitalfeld ist ebenfalls sechseckig (d_2 c_1 a_1 b c_2 d_3). Die radiale Distanz von seiner centralen Spitze (a_1) bis zu dem innersten Vorsprung der deutlich umschriebenen Subgenital-Klappe (g_2) beträgt 40 Mm. Das dritte Genitalfeld ist fünfeckig (d_4 c_2 b c_3 d_5). Die radiale Distanz von seiner Spitze (b) bis zu der schwach abgedrückten innersten Wölbung

der Subgenital-Klappe (g_3) beträgt 34 Mm. Das vierte Genitalfeld ist siebeneckig (d_6 c_3 b a_1 a_2 c_4 d_7). Die radiale Distanz von seiner centralen Spitze (a_2) bis zu der kaum unterscheidbaren innersten Wölbung der Subgenital-Klappe (g_4) beträgt 30 Mm. Das fünfte Genitalfeld ist fünfeckig (d_8 c_4 a_2 c_5 d_9). Die radiale Distanz von seiner Spitze (a_2) bis zu der kaum erkennbaren innersten Grenze der Subgenital-Klappe (g_5) beträgt 38 Mm. Das sechste Genitalfeld endlich ist ebenfalls fünfeckig (d_{10} c_5 a_2 c_6 d_{11}). Die radiale Distanz von seiner Spitze (a_2) bis zu der scharf umschriebenen innersten Wölbung der etwas seitlich verschobenen Subgenital-Klappe (g_6) beträgt 35 Mm.

Die sechs interradialen Genitalfelder von *Hexarhizites* können demnach nur bezüglich ihrer allgemeinen Gesammtform als „convex-gleichschenkelige Dreiecke" bezeichnet werden, wenn man sie mit den gleichnamigen Feldern von *Rhizostomites* vergleicht. Bei genauer Betrachtung hingegen erscheinen drei von ihnen fünfeckig (III, V, VI); zwei sind sechseckig (I, II) und eins ist siebeneckig (IV). Die „radiale Mittellinie" oder die Distanz von ihrer centralen Spitze bis zu dem innersten Vorsprung der Subgenital-Klappe, beträgt durchschnittlich 3—4 Cm. Die grösste Breite der Felder (der tangentiale Durchmesser) beträgt durchschnittlich 2—2,5 Cm.

Die sechs perradialen Brachial-Felder oder die kleineren, „concav-gleichschenkeligen Dreiecke" sind ebenfalls nicht ganz regelmässig und gleichmässig gebildet, obwohl sie unter einander weniger verschieden sind, als die sechs Genitalfelder. Die Spitze der sechs perradialen Brachial-Felder, welche in unserer Abbildung mit c bezeichnet ist, zeigt noch am meisten Verschiedenheit. Bei einigen Brachial-Feldern ist hier ein kleines Grübchen sichtbar, welches möglicherweise als eine offene Mündung zwischen den nicht völlig verwachsenen oralen Armkanten zu deuten ist. Das erste Brachialfeld (d_1 c_1 d_2) zeigt an seiner Spitze ein grösseres Grübchen, in dem zwei kleinere Facetten sichtbar sind; seine concaven Seiten sind stark ausgeschweift. Das zweite Brachialfeld (d_3 c_2 d_4) ist durch eine abgestutzte Spitze ausgezeichnet. Das dritte Brachialfeld (d_5 c_3 d_6) zeigt an der Spitze mehrere grössere Facetten, an der Basis eine scharfe bogenförmige Grenzlinie. Das vierte Brachialfeld (d_7 c_4 d_8) lässt über der Spitze ein undeutliches rhombisches Grübchen erkennen. Das fünfte Brachialfeld (d_9 c_5 d_{10}) ist durch besonders unregelmässige Gestalt und eine undeutliche höckerige Spitze ausgezeichnet. Das sechste Brachialfeld endlich (d_{11} c_6 d_{12}) ist unterhalb der scharfen Spitze

etwas aufgetrieben und dann eingeschnürt. Der radiale Durchmesser der sechs Brachial-Felder oder die Mittellinie der „concavgleichschenkeligen Dreiecke“ beträgt 3 — 5 Cm., jenachdem man die Grenze der Basis annimmt. Letztere misst durchschnittlich 2—3 Cm.

Die Genital-Zone, der innerste von den drei concentrischen Ringen, welche das centrale Mittelfeld umgeben, ist unverkennbar ausgezeichnet durch die deutlichen Contouren der sechs Genital-Höhlen, an deren innerer Begrenzung die bereits beschriebenen Subgenital-Klappen vorspringen. Drei von den sechs Genitalhöhlen sind an unserem Abdrucke so deutlich erhalten, und stimmen unter sich in ihrer Gestalt so vollständig überein, dass über ihren Umriss kein Zweifel existiren kann; es sind dies die erste, zweite und sechste Höhle. Die drei anderen Höhlen (dritte, vierte und fünfte) sind mehr oder weniger undeutlich erhalten. Aus der genauen Untersuchung und Vergleichung der drei ersteren ergiebt sich folgendes Resultat.

Jede Genitalhöhle stellt im Umriss ein gleichschenkeliges Dreieck dar (*e g e*). Die Basis desselben verläuft fast tangential, parallel dem kreisförmigen äusseren Contour des Genital-Ringes, von dem sie nur durch einen schmalen Zwischenraum von wenigen Millimetern Breite getrennt ist. Die Länge dieser Basis beträgt im Durchschnitt 6 Cm.; die Länge der beiden Schenkel 4 — 4,5 Cm.; die Höhe des gleichschenkeligen Dreiecks (die radiale Linie, welche die Mitte der Basis (*f*) mit der Spitze (*g*) verbindet) 3—4 Cm. Die Basis ist in der Mitte (bei *f*) stark convex nach aussen vorgewölbt und beiderseits dieser Convexität concav ausgeschweift. In der Mitte dieser Convexität ist eine centripetale radiale Furche sichtbar (besonders in f_1 und f_6 deutlich). Die beiden Seitenlinien oder Schenkel des Dreiecks sind im Ganzen etwas concav, besonders im äusseren Drittel, wo die beiden basalen Ecken etwas zipfelartig oder flügelartig verlängert sind. (In dem Holzschnitt, S. 311, welcher die Restauration des Medusen-Schirms giebt, ist diese Ausschweifung der Seitenlinien etwas übertrieben). Die Distanz zwischen den beiden gegenüberstehenden Zipfeln je zweier benachbarten Dreiecke beträgt durchschnittlich 2 Cm. Die stark vorgewölbte Spitze des Dreiecks, welche weit in die Fläche des interradialen Genitalfeldes der Mittelscheibe vorspringt, ist stumpf abgerundet (*g*). Die radiale Distanz derselben vom Centrum des Mittelfeldes beträgt im Durchschnitt 4 Cm. Wie bereits bemerkt, ist dieser vorgewölbte Wulst mit grosser Wahrscheinlichkeit als

„Subgenital-Klappen“ zu deuten, während die Basis des genitalen Dreiecks wohl als der peripherische Contour der Genitalhöhle angesehen werden muss. Von den drei deutlich umschriebenen Genitalhöhlen scheint die erste (e_1 g_1 e_{12} f_1) durch Druck etwas übermässig ausgedehnt und die zweite (e_2 g_2 e_3 f_2) etwas verschoben zu sein; auch die sechste (e_{10} g_6 e_{11} f_6) ist etwas seitlich verschoben, sonst aber wohl erhalten.

Die verwaschenen und unregelmässigen Linien, Vertiefungen und Erhöhungen, welche innerhalb der eben beschriebenen Genitalhöhlen-Abdrücke und zwischen denselben in der Genital-Zone sichtbar sind, lassen keine weiteren Structur-Verhältnisse mit Sicherheit erkennen. Theilweise werden dieselben den Genital-Drüsen selbst, theilweise den Endstücken der zweitheiligen Mundarme, die sich hier ausbreiteten, zuzuschreiben sein.

Die mittlere von den drei concentrischen Zonen, die das Mittelfeld umgeben, haben wir wie bei *Rhizostomites* als glatten Ring bezeichnet. Wie bei diesem letzteren, so bietet auch bei unserem *Hexarhizites* diese „glatte Zone“ von allen Theilen des Petrefactes das geringste Interesse dar. Nur in dem äusseren Theile dieses glatten Ringes (besonders in der unteren Hälfte der Platte) ist eine Anzahl von feinen concentrischen Ringlinien mehr oder weniger deutlich sichtbar: Abdrücke von Ringsmuskeln der Subumbrella, welche aber in der dritten oder Randzone viel schärfer und vollständiger hervortreten. Abgesehen von diesen Muskel-Abdrücken zeigt der glatte Ring keinerlei bestimmte Zeichnungen, welche mit Sicherheit auf irgend ein Organ zu deuten wären. Vielmehr ist seine ebene Oberfläche theilweise ganz glatt, theilweise mit ganz unregelmässigen und verwaschenen Formen bedeckt. Die Breite des glatten Ringes beträgt 2,5—3,5, im Durchschnitt 3 Cm. Die innere Grenzlinie desselben (*h*), welche ihn vom Genital-Ring trennt, ist theilweise verwaschen und etwas unregelmässig. Sie würde am vollständigen Körper wahrscheinlich ein reguläres Sechseck mit abgerundeten Ecken bilden, wie es die die Restaurations-Figur im Holzschnitt, S. 311, andeutet. In jedem Interradius ist nämlich der innere Grenzcontour des glatten Ringes etwas eingezogen und berührt (bei *f*) beinahe die Mitte der Basis der dreieckigen genitalen Höhlen. In jedem Perradius hingegen springt dieser Contour etwas nach aussen vor (zwischen *c* und *k*).

Die äussere Grenzlinie (*i*) der glatten Zone ist ein scharf ausgeprägter Kreis. Hier fällt das ebene Niveau des glatten Ringes, welches etwas tiefer als das des Genital-Ringes liegt, plötz-

lich steil in das viel tiefer liegende Niveau der Randzone ab. Hier liegt offenbar der grosse Ringcanal, der wie bei allen Rhizostomeen eine beträchtliche Strecke vom Schirmrande entfernt ist. Die Bedeutung des glatten Ringes ist jedenfalls dieselbe wie bei *Rhizostomites*. Er entspricht demjenigen Theile des Schirmes, welcher die äussere Begrenzung der Genitalhöhlen bildet und durch beträchtlichere Dicke der Schirm-Gallerte sich scharf von der dünnen Randzone absetzt.

Der dritte und äusserste von den drei concentrischen Ringen, die Randzone oder Muskelzone, ist vollkommen klar und scharf ausgeprägt und lässt über die Deutung ihrer einzelnen Theile keinerlei Zweifel bestehen. Ihre innere Grenze wird durch den Ringcanal (*i*), ihre äussere Grenze durch den Schirmrand (*m*) gebildet. Der letztere ist in eine grosse Anzahl von kleinen Randlappen zerfallen, welche durch seichte Einbuchtungen von einander getrennt sind. Daher zeigt der Schirmrand einen zierlichen Wellen-Contour, welcher jedoch nur in dem oberen Drittel der Peripherie deutlich hervortritt. Die gesammte Zahl der Randläppchen lässt sich mit Wahrscheinlichkeit auf 144 abschätzen, da an dem deutlich gekerbten Theile des Schirmrandes (zwischen l_5 und l_1) ungefähr 48 Läppchen zu zählen sind. Dieser Abschnitt entspricht aber zwei vollständigen Antimeren, mithin einem Drittel des ganzen Schirmrandes. Demnach kommen auf jedes der sechs Antimeren 24 und auf den ganzen Schirmrand 144 Läppchen. Die radialen Furchen oder Einziehungen des Schirmrandes zwischen den Läppchen sind nur an wenigen Stellen des Abdruckes schwach angedeutet, besonders rechts oben zwischen l_1 und k_6, sowie dieser Stelle diametral gegenüber, links unten, bei l_4. Von Randfäden ist keine Spur sichtbar. Sie fehlen gänzlich, wie bei allen übrigen Rhizostomeen.

Die ganze Breite der Randzone, welche im Durchschnitt 3 Cm. beträgt, ist zierlich und regelmässig von dicht gedrängten concentrischen Kreislinien gefurcht, deren Zahl einige dreissig beträgt. In der inneren Hälfte der Randzone sind die Furchen gröber und stehen weiter von einander ab; in der äusseren Hälfte sind sie feiner und dichter an einander gedrängt. Die ringförmigen Wülste zwischen diesen Furchen sind die Ringsmuskelfasern der Subumbrella. An mehreren Stellen sind die Ringsmuskelzüge durch eine breite glatte radiale Furche mehr oder weniger deutlich unterbrochen. Diese radialen Furchen sind offenbar die Radial-Canäle, welche vom Ringcanal sich bis zur Peripherie des

Schirmrandes fortsetzen. Es sind deren zwölf vorhanden: sechs perradiale Canäle (k_1—k_6), welche in der verlängerten Mittellinie der Brachial-Felder liegen, und sechs interradiale Canäle (l_1—l_6), welche in der verlängerten radialen Mittellinie der Genitalfelder liegen. Ganz deutlich sind die Radial-Canäle nur auf der rechten Hälfte unserer Platte, wo der erste und sechste Perradial-Canal (k_1, k_6) unverkennbar hervortreten; ebenso der erste und der zweite Interradial-Canal (l_1, l_2). Hingegen sind dieselben auf der linken Seite der Platte nur sehr undeutlich und oben fast gar nicht zu erkennen. Wo die äussersten Enden der Radial-Canäle an den Schirmrand herantreten, ist der Wellensaum der Randlappen unterbrochen. Hier befand sich offenbar eine Einziehung des Schirmrandes, in welcher ein Randkörper oder Sinnes-Organ lag. Wir können mit Sicherheit annehmen, dass 12 solcher Sinnes-Organe vorhanden waren: sechs radiale Randkörper (*m*) und sechs mit diesen alternirende interradiale Randkörper (*n*).

2. Semaeostomites Zittelii, H.

(Medusites Zittelii, H.)

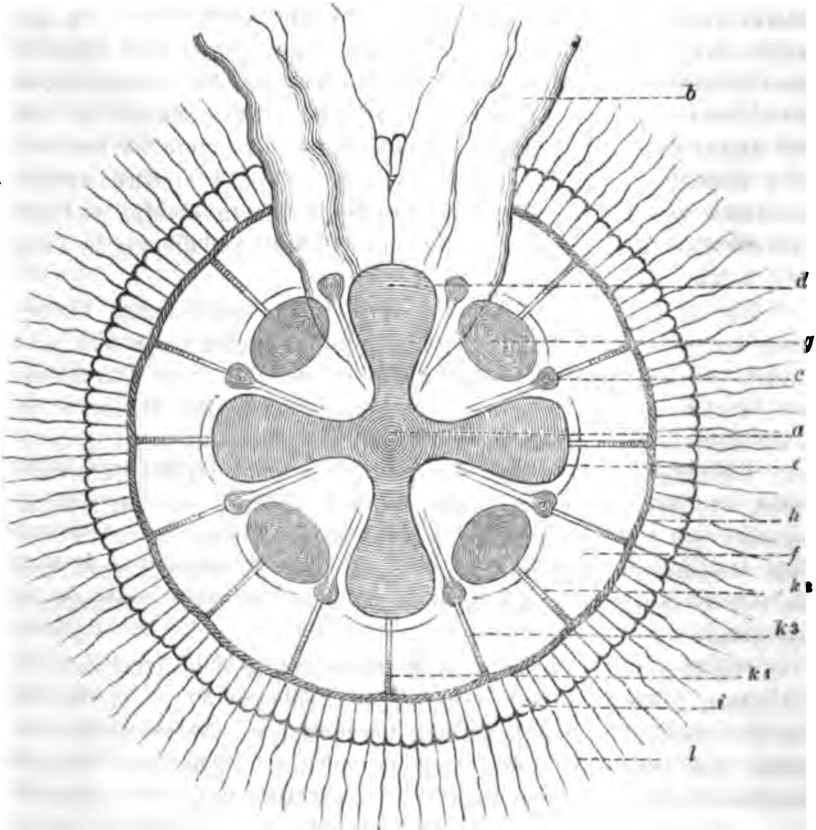
(Hierzu Taf. XI.)

Die neue fossile Meduse, welche nachstehend beschrieben wird, benenne ich zu Ehren meines verehrten Freundes, des verdienstvollen Paläontologen Professor Zittel, dem ich die Gelegenheit zur Untersuchung der meisten von mir beschriebenen fossilen Medusen verdanke. Auch dieses Petrefact stellt gleich dem vorher beschriebenen einen Gegenabdruck dar, so dass die dicksten Theile des Medusen-Schirms, insbesondere die Peripherie der Genitalzone, convex hervortreten. Die vorspringenden Höcker und Leisten entsprechen den dicksten Theilen, die Vertiefungen hingegen den dünnsten Theilen des Medusen-Schirms. Schon die oberflächliche Untersuchung des Petrefactes lehrt, dass dasselbe von einer höheren Meduse aus der Ordnung der Semacostomeen herrührt; es ist eine acraspede oder phanerocarpe Meduse mit einer centralen Mundöffnung, mit 4 Mundarmen und zahlreichen Randlappen. Da jedoch diejenige Familie der Semaeostomeen, zu welcher das Thier gehörte, sich nicht näher bestimmen lässt, will ich des Genus *Semaeostomites* nennen.

Die Platte des lithographischen Schiefers, auf welcher sich der Gegenabdruck von *Semaeostomites Zittelii* befindet, ist recht-

eckig zugehauen, 17 Centimeter hoch und 15 Cm. breit. Von den beiden seitlichen Theilen der Platte, welche keine Theile des Medusenkörpers enthalten, ist auf unserer Tafel XI der Raumersparniss halber ein Stück weggelassen.

Der Medusen-Schirm selbst springt stark convex über die Ebene der Platte vor, ist flach ausgebreitet und hat 8 Centimeter Durchmesser. Schräg durch die Platte gehen zwei Spalten, welche



Restauration von Semaeostomites Zittelii

(in der natürlichen Grösse).

a Magenhöhle und Mundöffnung. *b* Mundarme. *c* adradiale Papillen. *d* Magentaschen. *e* Ringförmiger Wulst an der Peripherie der Magentaschen und der Genitaltaschen. *f* der glatte Ring. *g* Genitaltaschen. *h* Ringcanal. *i* Randlappen. *k* Radial-Canäle (k_1 perradialer, k_2 interradialer, k_3 adradialer Canal). *l* Randfäden.

sich unter einem Winkel von 30° in der Mitte der Platte kreuzen. Auf der einen Seite der Platte (welche in unserer Figur nach oben gekehrt ist) sind die vier Mundarme (*b*), dem Verlaufe dieser Spalten entsprechend, über den Schirmrand nach aussen geschlagen und hier erscheint zugleich der Schirm ein wenig in die Länge gezogen.

Schon bei oberflächlicher Betrachtung springt an unserem Gegenabdruck von *Semaeostomites* (ebenso wie bei demjenigen von *Hexarhizites*) ein stark vertieftes centrales Mittelfeld in die Augen (*ad*), welches von drei concentrischen Zonen oder Ringfeldern umgeben ist. Hier wie dort können wir die innerste Zone als Genital-Zone (*g*), die mittlere als glatte Zone (f) und die äusserste als Randzone (*i*) bezeichnen. Letztere ist am meisten vertieft, erstere am meisten erhaben. Von dem Radius des Schirmes, welcher 40 Millimeter beträgt, kommen 15 Mm. auf das Mittelfeld, 8 Mm. auf die Genitalzone, 11 Mm. auf die glatte Zone und 6 Mm. auf die Randzone.

Das Mittelfeld stellt eine sehr starke napfförmige Vertiefung dar, welche den tiefgelegenern Theil des ganzen Gegenabdrucks bildet und offenbar der Magenhöhle entspricht. Sein Durchmesser beträgt 30 Mm. Seine Peripherie ist kreisrund, erscheint jedoch abgerundet achteckig, wenn man als ihre Begrenzungspunkte die Berührungspunkte der Genitaltaschen und der Magentaschen fixirt. In dem centralen Theile des Mittelfeldes, das am meisten vertieft ist, befand sich die centrale Mundöffnung, umgeben von vier Mundarmen, welche an der einen Seite (in unserer Abbildung an der oberen) über den Schirmrand nach aussen geschlagenen erscheinen.

Die Contouren dieser vier Mundarme (b_1—b_4) sind nur an einzelnen Stellen deutlich erhalten, obwohl die Arme im Ganzen als convexe Wülste ziemlich stark hervortreten. Da sie aber theilweise über einander lagen, sind sie offenbar mehr oder weniger verdrückt. Sie scheinen nicht bis gegen den Rand der Schieferplatte hinzureichen, sondern nur ungefähr so weit als die Randfäden. Ihre Länge dürfte ungefähr dem Schirmdurchmesser gleichkommen; die Breite scheint 8—10 Mm. zu betragen. Im Uebrigen ist der Gegenabdruck der Arme zu unbestimmt und unregelmässig, als dass sich etwas Genaueres über ihre Configuration sagen liesse.

In dem peripherischen Theile des napfförmigen Mittelfeldes erheben sich acht radiale Wülste oder Leisten von etwa 2 Mm. Breite, welche allmählich von innen nach aussen ansteigen, bis zu

dem steilen peripherischen Abfall der Genitalzone reichen und hier in Form von acht convexen Knoten oder Papillen endigen (c_1-c_8). Diese Papillen sind die am meisten hervorspringenden und erhabensten Theile des Petrefactes und dürften daher den dicksten Theilen des Medusen-Schirms entsprechen. Jede Papille hat ungefähr die Gestalt einer dreiseitigen Pyramide mit abgestumpfter Spitze. Die Papillen haben gleichen Abstand von einander, und dieser beträgt 10—12 Mm.

Bei genauerer Betrachtung des Mittelfeldes und der daran stossenden Genitalzone gewahrt man alsbald, dass die acht gleichschenkelig-dreieckigen Felder, welche durch die acht radialen Leisten geschieden werden, abwechselnd verschieden sind. Vier breitere Dreiecke (d_1-d_4) alterniren mit vier schmäleren. Die letzteren sind allerdings nur sehr unbedeutend schmäler. Aber in ihrem peripherischen Theile tritt ziemlich scharf markirt eine rundliche grubenartige Vertiefung hervor (g_1-g_4), welche den damit alternirenden Feldern fehlt, und welche ohne Zweifel als Genitalhöhle zu deuten ist. Diese vier schmäleren Felder sind mithin interradial. Die vier breiteren damit abwechselnden Felder (d_1-d_4) sind hingegen perradial und bei ihrer concaven Beschaffenheit als Magentaschen zu deuten.

Durch die innere Begrenzung der interradialen Genitalhöhlen (g_1-g_4) wird die Grenze des Mittelfeldes und der Genital-Zone ausgesprochen, welche in den dazwischen liegenden perradialen Feldern weniger scharf angedeutet ist (am deutlichsten bei d_2). Die Breite dieser Zone ist durch die Breite (den radialen Durchmesser) der elliptischen Genitaltaschen bestimmt, welche 8 Mm. beträgt; der tangentiale Durchmesser der letzteren beträgt 10—12 Mm. Ihr elliptischer Contour ist ziemlich deutlich umschrieben, besonders bei g_3 und g_4; mehr verwischt ist er bei g_1 und g_2. Durch die radialen Leisten sind die Genitaltaschen scharf von den alternirenden Magentaschen geschieden.

Dass die vier breiteren dreieckigen Felder (d_1-d_4) welche mit den Genitalfeldern abwechseln, wirklich den Magentaschen entsprechen, dürfte kaum zweifelhaft sein. Während ihr peripherischer Rand scharf durch eine convexe Bogenlinie abgegrenzt und ihr mittlerer Theil stark ausgehöhlt erscheint, geht ihr centrales Ende (die abgestutzte Spitze des gleichschenkeligen Dreiecks) ohne Abgrenzung in den tiefen Centraltheil des Mittelfeldes, in die Magenhöhle, über. Die Magenhöhle mit ihren vier Taschen hatte demnach die Form eines Ordenskreuzes. ·le Durchmes-

ser der Magentaschen (oder das Höhen-Perpendikel des gleichschenkeligen Dreiecks) ist ungefähr gleich der peripherischen Basis, gegen 12 Mm. Diese Basis ist eben so weit als der peripherische Rand der Genitaltaschen vom Centrum des Medusen-Schirms entfernt, nämlich 15 Mm. Beide liegen in einer Kreislinie (der äusseren scharfen Grenze der Genitalzone), welche nur durch die acht vorher erwähnten Papillen unterbrochen wird. Diese Peripherie des Genitalringes fällt nach aussen sehr steil und tief, wie ein Wall (*e*), in die bedeutend tiefer gelegene mittlere Zone des Gegenabdrucks ab, welche wir hier, wie bei den früher beschriebenen Medusiten, als „glatten Ring" oder glatte Zone bezeichnet haben (*f*). Auch bei unserem ***Semaeostomites*** erscheint dieser glatte Ring als ein ganz ebener und glatter Gürtel von 11 Mm. Breite, der dem peripherischen Schirmtheil zwischen der Genitalzone und der Randzone entspricht. Sein Niveau liegt bedeutend tiefer als das der Genitalzone, höher als das der Randzone. In dem peripherischen Theile des glatten Ringes zeigen sich schwach ausgeprägte Runzeln, welche Theilstücke von concentrischen Ringleisten bilden und wohl auf die Ringmuskeln der Subumbrella zu beziehen sind. Sonst scheint zunächst keinerlei besondere Structur weiter in der glatten Zone erkennbar zu sein. Wenn man jedoch das Petrefact sehr sorgfältig bei einer gewissen schiefen Beleuchtung betrachtet, so erkennt man einige sehr feine gerade radiale Linien, welche durch die ganze Breite des glatten Ringes hindurchgehen und wohl als Radialcanäle zu deuten sind (*k*). Sie sind nur in derjenigen Hälfte des Schirms, welche in unserer Abbildung nach rechts gekehrt ist, deutlich erkennbar, besonders im unteren Theile. Der Abstand dieser Radialcanäle von einander beträgt innen (an der äusseren Grenze der Genitalzone, *e*) 10 Mm., aussen hingegen, wo dieselben in den Ringcanal einmünden (*h*), 13 Mm. Aus diesem regelmässigen Abstand der Radialcanäle ergiebt sich, dass im Ganzen 16 vorhanden sind, nämlich: 4 perradiale Canäle, welche von der Mitte der Basis der Magentaschen ausgehen (k_1); 4 interradiale Canäle, welche von der Mitte der Basis der Genitaltaschen ausgehen (k_2), und 8 adradiale Canäle, welche von den adradialen Papillen ausgehen und zwischen je einem perradialen und interradialen Canale liegen (k_3). Verästelungen sind an den Radial-Canälen nicht wahrzunehmen.

Nach aussen ist die glatte Zone durch eine scharf ausgeprägte und tiefe Ringfurche von dem dritten uud äusserten Ringe, der Randzone, geschieden. Jene Ringfurche entspric[illegible]eifel

dem Ringcanal. dessen Kreisdurchmesser 7 Centimeter beträgt. Die eigentliche Randzone, zwischen diesem Cirkel-Canal und dem peripherischen Schirmrande, ist nur 5 Mm. breit. Sie ist durch ca. 120 scharf vortretende Einschnitte, die bis zum Ringcanal sich erstrecken, in ebenso viele Randlappen getheilt, deren Breite 2 Mm. beträgt. Nur am oberen Theile der Platte, wo die Mundarme über den Schirmrand herüber geschlagen sind, erscheint die Randzone natürlich unterbrochen. Doch lässt sich unter Berücksichtigung der Breite der unterbrochenen Stelle die Gesammtzahl der Randlappen auf 120—128 abschätzen.

Derjenige Theil der Schieferplatte, welcher den Medusen-Schirm zunächst umgiebt, erhebt sich rings um denselben in Gestalt eines dicken und breiten Wulstes, der ziemlich bedeutend über das übrige Niveau der Schieferplatte emporsteigt und nach aussen durch einen unregelmässigen, meist scharf ausgeprägten Rand (*l*) von dem glatten und ebenen Niveau des peripherischen Plattentheils abgesetzt ist. Die Breite dieses ringförmigen Wulstes beträgt an den schmalsten Stellen (rechts unten) 15—20 Mm., an den breitesten Stellen (links oben) 50—60 Mm. Offenbar ist dieser Wulst weiter Nichts, als die Füllungsmasse der grabenförmigen Vertiefung, welche sich rings um die gestrandete Meduse in dem feinen Kalkschlamm des Meeresstrandes gebildet hatte. Solche grabenförmige Vertiefungen kann man auch noch heutzutage sehr häufig rings um gestrandete und flach ausgebreitete Medusen wahrnehmen. In dem Gegenabdruck muss natürlich der erstarrte Kalkbrei, welcher die Füllungsmasse des Grabens bildete, in Gestalt eines erhabenen Walles rings um den Medusen-Schirm hervortreten.

Dieser Ringwall, der bei unserem *Semaeostomites* so deutlich hervortritt, ist von sehr zahlreichen und feinen radialen Linien durchzogen, welche schwach wellenförmig gebogen oder geschlängelt erscheinen. Allerdings sind diese Linien nicht sehr scharf ausgeprägt und einzeln genau zu verfolgen. Allein wenn man die Kalkplatte aus einiger Entfernung bei günstiger Beleuchtung, besonders bei schief auffallendem Oberlicht, betrachtet, so tritt diese radiale Zeichnung unverkennbar hervor. In unserer Abbildung ist sie absichtlich etwas schärfer angedeutet, als sie auch bei günstigster Beleuchtung sich zeigt (*l*). Es dürfte wohl kaum bedenklich erscheinen, wenn wir diese radialen Linien auf die Randfäden der Meduse beziehen, die sich vom Schirmrande aus in der umgebenden grabenförmigen Vertiefung ausbreiteten. Diese Deutung

erscheint um so sicherer, als der Abstand der radialen Linien in der Nähe des Schirmrandes der Breite der Randlappen entspricht und als an einzelnen Stellen die ersteren deutlich aus den radialen Einschnitten der Randzone hervorzugehen scheinen. Dem entsprechend dürfte auch die Zahl der Randfäden derjenigen der Randlappen gleich sein, 120—128. Die Länge der Randfäden scheint gegen 30 Mm. betragen zu haben; so lang erscheinen sie auf unserer Abbildung links oben, wo sie besonders deutlich ausgeprägt sind. Uebrigens scheinen sie sehr fein und dünn gewesen zu sein, viel zarter als die scharf ausgeprägten Randfäden, die ich früher bei *Eulithota fasciculata* beschrieben habe („Ueber die fossilen Medusen der Jura-Zeit l. c. S. 549, Taf. XLII, Fig. 1, 2).

Obgleich wir so im Stande gewesen sind, unseren Gegenabdruck von *Semaeostomites* ziemlich befriedigend zu restauriren, fehlt doch noch viel an derjenigen Vollständigkeit, welche zu einer genaueren systematischen Bestimmung der Semaeostomeen-Familie, zu welcher die Meduse gehörte, erforderlich sein würde. Da die Familien dieser Gruppe sich vorzugsweise durch das verschiedene Verhalten der Radiär-Canäle unterscheiden und gerade über das specielle Detail dieses Verhaltens an unserem Petrefact keine genügende Sicherheit zu erlangen ist, wollen wir die Frage nach ihrer Familien-Verwandtschaft hier offen lassen. Jedoch scheint es fast, dass sie sich keiner der bekannten Familien anschliesst. Ist diese Vermuthung richtig, so könnte man unsere fossile Gattung *Lithosemaea* und die dadurch vertretene Familie *Lithosemaeiden* nennen. Fassen wir Alles, was wir über unser Petrefact haben ermitteln können, zusammen, so ergiebt sich folgende Diagnose:

Charakteristik des Semaeostomites Zittelii (Taf. XI). Medusen-Schirm kreisrund, von 80 Mm. Durchmesser, Mundöffnung von 4 Mundarmen umgeben, die ungefähr 80 Mm. lang und 10 Mm. breit sind. Magenhöhle mit vier (radialen) dreieckigen Taschen von 10—12 Mm. Durchmesser. Zwischen den letzteren vier (interradiale) elliptische Genitaltaschen von 8—10 Mm. Durchmesser. 16 (unverästelte?) Radialcanäle (4 perradiale, 4 interradiale und 8 adradiale Canäle). Ein Randcanal. 16 Randkörper (?). Schirmrand in 120—128 schmale Randlappen gespalten, zwischen denen eben so viele Randfäden von 30 Mm. Länge entspringen.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. X.

Hexarhizites insignis, H.

(In natürlicher Grösse nach einer Photographie.)

a_1 a_2 Mundnaht.
a_1 Dreiseitig-pyramidale Spitze des Endes der Mundnaht.
a_2 Offener Rest der nicht ganz obliterirten Mundöffnung (?).
b Ende vom Nebenschenkel der Mundnaht, a_1 b.
c_1—c_6 Innere Spitzen der perradialen Brachial-Felder (Gabelungsstellen der sechs Armnähte).
d_1—d_{12} Aeussere Enden der zwölf Schenkel der Armnähte (Ecken des zwölfeckigen Mittelfeldes).
e_1—e_{12} Laterale Ecken der sechs dreieckigen Genitalhöhlen.
f_1—f_6 Vorgewölbte Mittelpunkte der Grundlinien der sechs dreieckigen Genitalhöhlen.
g_1—g_6 Innere Peripherie oder abgerundete Spitze der sechs Genitalhöhlen (Subgenital-Klappen?)
h Peripherie der Genitalzone.
i Peripherie der glatten Zone (Ringcanal).
k_1—k_6 Peripherischer Theil der sechs perradialen Canäle.
l_1—l_6 Peripherischer Theil der sechs interradialen Canäle.
m Randeinschnitte für die sechs perradialen Randkörper.
n Randeinschnitte für die sechs interradialen Randkörper.

Taf. XI.

Semaeostomites Zittelii, H.

(In natürlicher Grösse nach einer Photographie.)

a Magenhöhle.
b_1—b_4 Die vier Mundarme.
c_1—c_8 Die dreiseitig-pyramidalen adradialen Papillen zwischen den äusseren Ecken der Magentaschen und den Genitaltaschen.
d_1—d_4 Die vier Magentaschen.
f Der verdickte wulstförmige Ring, welcher die peripherische Begrenzung der Magentaschen und der Genitaltaschen bildet.
e Der „glatte Ring“.
g_1—g_4 Die vier Genitaltaschen.
h Der Ringcanal.
i Die Randlappen.
k Radial-Canäle (k_1 perradialer Canal, k_2 interradialer Canal, k_3 adradialer Canal).
l Randfäden.
m Peripherie des Strahlenkranzes, den die Randfäden bilden.

Ueber Bau und Entwickelung der Placoidschuppen und der Zähne der Selachier.

Von

Dr. **Oscar Hertwig.**

(Hierzu Tafel XII und XIII.)

Seit Agassiz ist schon öfters von verschiedenen Forschern die Ansicht ausgesprochen worden, dass die Zähne der Selachier und die ihren Hautpanzer zusammensetzenden Placoidschuppen homologe Bildungen seien. Eine eingehendere Bearbeitung hat aber dieser für die Beurtheilung der Integumentbildungen so überaus wichtige Gegenstand bis jetzt von keiner Seite gefunden; ein wissenschaftlicher Beweis für die Richtigkeit dieser Ansicht ist noch nicht geführt worden. An derselben zu zweifeln könnte man aber um so mehr berechtigt sein, als unsere Kenntnisse von dem Baue und der Entwickelung sowohl der Placoidschuppen als auch der Haifischzähne äusserst gering sind. Die Anzahl der hierüber bis jetzt erschienenen Arbeiten steht in einem auffallenden Gegensatze zu der so äusserst umfangreichen und noch jährlich wachsenden Literatur über Säugethierzähne. Während man hier den geringfügigsten Strukturverhältnissen die eingehendsten Untersuchungen widmet und sich in endlosen Streitigkeiten über die verschiedensten Detail-Punkte ergeht, hat man die Zahnbildungen bei allen übrigen Thierclassen fast vollkommen vernachlässigt, so dass unsere Kenntnisse über sie fast noch dieselben wie zu Owen's Zeiten geblieben sind.

Unter diesen Umständen folgte ich mit Freuden einem Vorschlage des Herrn Professor Gegenbaur, die Placoidschuppen und Zähne der Selachier auf Bau und Entwickelung zu untersuchen, und beschäftigte mich mit diesem Gegenstande um so eifriger, als ich erwarten durfte, die so interessante Frage nach der Homologie der Mund- und Integumentgebilde durch eine genaue Detailuntersuchung endgültig zu lösen.

Aber noch ein weiterer Umstand liess mir eine genauere Kenntniss der Hartgebilde im Integument der Selachier, als wir sie zur Zeit besitzen, wünschenswerth erscheinen. Wie schon GEGENBAUR in seinem „Kopfskelet der Selachier"[1]) in einem besonderen Abschnitt in überzeugender Weise nachgewiesen hat, nehmen die Selachier im Stammbaum der Wirbelthiere eine niedrigere Stufe ein als die Ganoiden und Teleostier und zeigen uns zum Theil noch anatomische Verhältnisse auf einer mehr indifferenten Stufe der Entwickelung erhalten, so dass wir von ihnen nach verschiedenen Richtungen differenzirte Einrichtungen bei den übrigen Wirbelthieren, bei Ganoiden und Teleostiern einerseits, bei Amphibien, Reptilien und Säugethieren andererseits ableiten können.

Von dieser Thatsache ausgehend, schien mir das Studium der Schuppen und Zähne der Selachier auch eine sichere Grundlage für vergleichend anatomische, auf die höheren Wirbelthierclassen sich erstreckende Betrachtungen zu bilden. Es liess sich erwarten, dass auf so manche dunkele Punkte in der Zahnbildung der Säugethiere, welche bisher das Interesse der Forscher fast ausschliesslich in Anspruch genommen hat, von hier aus einiges Licht geworfen werden könnte. Denn dass trotz sorgfältigster und häufig erneuerter Untersuchung auf diesem Gebiete so viele Verhältnisse uns noch unverständlich geblieben sind, dürfte zum grossen Theile auf die Vernachlässigung des Studiums der Zähne bei niederen Thierclassen zu schieben sein. Auch hier zeigt sich wieder, wie die genauesten anatomischen und embryologischen Untersuchungen allein zur vollkommenen Erkenntniss eines morphologischen Gebildes nicht ausreichen, und wie wir, um uns weitere Aufklärung zu verschaffen, einen dritten Weg, den der vergleichend anatomischen Untersuchung betreten müssen. Indem wir auf diesem Wege durch Untersuchung niederer und höherer Thierclassen eine Anschauung über die vielseitige Gestaltung eines und desselben Gebildes in der Thierreihe erhalten und dieselbe Bildung auf niederen und höheren Stufen der Entwickelung in den verschiedenen Thierclassen erblicken, gewinnen wir durch vergleichende Betrachtung und logisches Schliessen einen Einblick in die phylogenetische Entwickelung, die ein bei höher differenzirten Thieren höher ausgebildetes Organ durchlaufen hat; wir sind im Stande, uns niedere

1) GEGENBAUR, Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere, Heft III, 1872, Seite 10.

Zustände zu reconstruiren, auf denen dasselbe einstmals gestanden haben muss, und lernen dadurch manche Verhältnisse, die uns am hoch entwickelten Gebilde nicht verständlich sind, begreifen, weil wir den causalen Zusammenhang mit einfacheren Zuständen erkannt haben.

Nachdem ich hiermit über die Entstehung der Arbeit Rechenschaft gegeben und ferner die Gesichtspunkte angedeutet habe, welche mich bei derselben geleitet haben, gehe ich zur Darstellung der während des vorigen Jahres angestellten Untersuchungen über.

Da wir im Laufe der Darstellung an die Beobachtungen früherer Forscher überall, wo es nöthig sein wird, anknüpfen werden, wurde von einer besonderen historischen Einleitung Abstand genommen. Bei erstere Abfassung hielt ich es für zweckmässig, die Beschreibung des Baues und der Entwickelung der Placoidschuppen von der der Zähne getrennt und zwar an erster Stelle zu behandeln, weil erstere die morphologisch niedriger entwickelten Bildungen sind. In zweiter Linie werden uns die Zähne der Selachier beschäftigen. In einem dritten allgemeinen Theil sollen aus den in den beiden ersten Abschnitten niedergelegten Detailuntersuchungen die allgemeinen Schlüsse gezogen und auf die höheren Thierclassen sich erstreckende vergleichende Betrachtungen angestellt werden.

Da die Placoidschuppen und die Zähne mit ihrem unteren Theile im Integumente ziemlich tief festsitzen und Elemente des letzteren, wie wir später zeigen werden, in ihre Zusammensetzung mit eingehen: so möge eine kurze Darstellung des Baues der Cutis hier Platz finden, zumal derselbe bis jetzt noch wenig anatomisch gewürdigt wurde.

Die Cutis der Selachier besteht, wie diejenige aller niedern Wirbelthiere von den Petromyzonten an, aus übereinanderliegenden Bindegewebslamellen (Tafel XII Fig. 2. 3. 7. 11. 14). Jede dieser Lamellen setzt sich aus einer einschichtigen Lage parallel geordneter Bindegewebsbündel zusammen, welche ihrerseits wieder in Bindegewebsfibrillen sich zerlegen lassen. Die Fibrillenbündel je zweier übereinanderliegender Lamellen haben einen verschiedenen Faserverlauf, die einen der Längsaxe des Thieres parallel, die andern senkrecht zu derselben, so dass sie von der Fläche betrachtet einander unter rechtem Winkel kreuzen. Man mag daher der Quer- oder der Sagittalebene des Thieres parallel schneiden, stets erhält man Lagen querdurchschnittener Bündel, welche mit den der Länge nach getroffenen in vollkommen regelmässiger We

abwechseln. Die grösste Dicke besitzen die tiefern Lamellen, während die nach der Epidermis zu gelegenen an Dicke allmählich abnehmen. In den Bau der Lederhaut gehen endlich noch in einer dritten Richtung isolirt verlaufende Bindegewebsbündel ein. Dieselben durchsetzen die eben beschriebenen sich kreuzenden Bindegewebslamellen, indem sie senkrecht vom subcutanen Gewebe bis zur Epidermis aufsteigen, in den höheren Schichten sich oft in mehrere getrennt verlaufende Bündelchen theilen und durch solche sich lostrennende Zweige mit in der Nähe aufsteigenden Bündeln zusammenhängen. Max Schultze macht es in seiner Arbeit über Petromyzon[1]) in hohem Grade wahrscheinlich, dass feinste Nervenfasern in diesen Bahnen zur Epidermis dringen und dort mit Sinneszellen in derselben in Verbindung stehen. Beobachtungen, die im Sommer 1872 eine Zeit lang auf Entscheidung dieser Frage gerichtet waren, liessen mir dieses gleichfalls sehr wahrscheinlich erscheinen; zur vollen Gewissheit bin ich indessen nicht gelangt, da Goldchloridpräparate herzustellen mir an diesem Gegenstande nicht gelingen wollte. Ich hoffe später die unterbrochenen Untersuchungen zur Lösung dieses Structurverhältnisses noch einmal aufzunehmen.

Zwischen den in horizontaler Richtung sich kreuzenden Bindegewebslamellen finden sich Zellen, welche man an Alcoholpräparaten ohne Anwendung von Reagentien leicht übersieht. Da sie den Bindegewebsbündeln langgestreckt anliegen, so ist in zwei übereinanderliegenden Lamellen ihre Verlaufsrichtung natürlich auch eine unter rechtem Winkel sich kreuzende, entsprechend der Richtung der Bündel, welchen sie folgen. Von diesem Verhältniss kann man sich sowohl auf Horizontalschnitten durch die Cutis, als auch dadurch überzeugen, dass man von einem Stückchen Haut dünne Lamellen zur mikroskopischen Betrachtung abzieht. Nach Quellung der Bindesubstanz in verdünnter Essigsäure treten die Zellen deutlicher hervor und man erkennt alsdann, dass die Zellen einer Schicht untereinander und mit denen benachbarter Lamellen durch Ausläufer, welche sich um die Bindegewebsbündel herumlegen, in Verbindung stehen.

In den obersten Lagen dieses Gewebes sitzen die Placoidschuppen in einer später näher zu beschreibenden Weise mit ihrer plattenartig verbreiterten Basis fest, ohne eine erhebliche Störung

1) Max Schultze, Die kolbenförmigen Gebilde in der Haut von Petromyzon und ihr Verhalten im polarisirten Lichte. Müller's Archiv 1861.

in Verlauf und Lage der Bindegewebslamellen zu verursachen. Da beim erwachsenen Thiere die Platten ziemlich dicht zusammengedrängt sind, bleiben nur kleine Strecken Bindegewebes zwischen ihnen übrig.

Auf den so beschaffenen Theilen, dem geschichteten Bindegewebe und der oberen Fläche der in die äussersten Cutislamellen eingefügten Platten der Placoidschuppen, liegt noch eine geringe Lage ungeschichteten und zellenreicheren Bindegewebes. Die Bindegewebsfasern verlaufen in ihm unregelmässig und locker in den verschiedensten Richtungen durcheinander. Zwischen den Fasern sieht man mit Flüssigkeit gefüllte zartwandige grosse Zellen, welche zumeist zu mehreren zusammen namentlich auf der oberen Fläche der Placoidschuppenplatten aufliegen. Die Zellen sind entweder vollkommen rund oder, wo mehrere zusammenliegen, polyedrisch gestaltet. Um ihren grossen runden Kern nimmt man nur Spuren von Protoplasma oder, gar kein Protoplasma wahr. Da diese Zellen durch den Schnitt leicht zerstört und herausgerissen werden, so entsteht an Durchschnitten oft ein leerer Raum zwischen den untersten Zellen der Oberhaut und dem in der Cutis festsitzenden Theile der Placoidschuppe. In dieser oberflächlichen Gewebsschicht finden sich ferner noch Bindegewebszellen in grösserer Menge, sowie in der Rückenhaut, die im Gegensatz zur Bauchhaut stets dunkel gefärbt ist, grosse braunschwarze Pigmentzellen. Auf ihrer Oberfläche ist die lockere Bindegewebsschicht von einer sehr derben Basalmembran bedeckt. Ueber das Verhalten derselben zu den Placoidschuppen, von deren freien Enden sie durchbohrt zu werden scheint, soll später ausführlicher gehandelt werden.

Auf der Basalmembran liegt eine Lage prismatischer Epithelzellen, auf welche noch mehrere Lagen polyedrischer nach der Oberfläche zu etwas abgeplatteter Epidermiszellen folgen (Taf. XII Fig. 3, 7 u. 10). In den oberen Zellenlagen finden sich häufig Schleimzellen. Sie sind fast rein kugelig, 0,03 Mm. hoch, 0,024 Mm. breit. Von ihrem Kern strahlt das Protoplasma in Fäden aus, die sich netzförmig vereinigen. Am besten überzeugt man sich von ihrer Gegenwart an älteren Embryonen, deren Epidermisüberzug noch ein vollständiger ist (Taf. XII Fig. 7 u. 10 ω). Mit der Entstehung von Schleimzellen sehen wir bei den Selachiern eine Differenzirung der Epidermiszellen auftreten, welche in der Haut der Teleostier so weit verbreitet und mehr entwickelt ist. Auf die phylogenetische Aufeinanderfolge der einzelnen Classen der

Fische gestützt, sind wir berechtigt, in den Schleimzellen der Teleostier eine von Selachiern ererbte Einrichtung zu erblicken. Wie schon LEYDIG[1]) bemerkt, erstreckt sich der Epidermisüberzug bei erwachsenen Thieren nicht über die gesammte Oberfläche des Körpers, da er die Spitzen der Schuppen unbedeckt lässt und nur die Vertiefungen zwischen ihnen ausfüllt. —

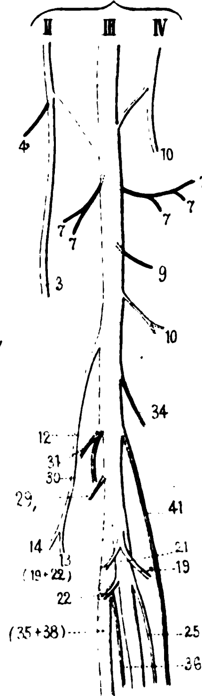
Nachdem wir uns durch die gegebene Schilderung über den Bau des Integuments orientirt haben, gehe ich zur Beschreibung der Placoidschuppen über und werde zunächst ihre äussere Form und Anordnung zum Hautpanzer schildern, alsdann den histologischen Bau derselben behandeln.

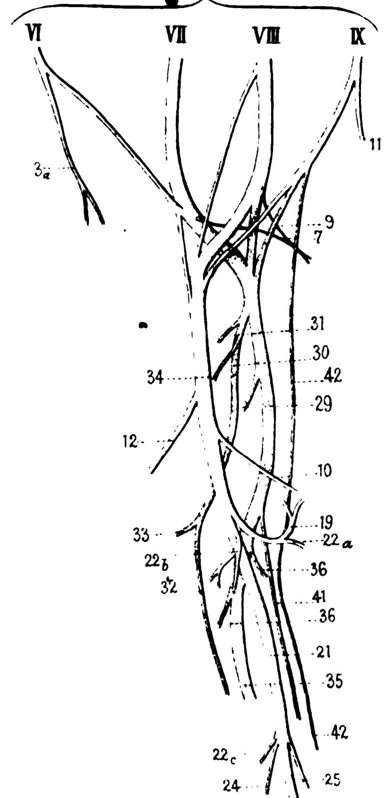
Um Placoidschuppen vollkommen isolirt zu erhalten, wurden Stückchen Haut in dünne Natronlauge eingelegt und vorsichtig erwärmt, bis alle bindegewebigen und zelligen Bestandtheile sich aufgelöst hatten. Die Schuppen wurden getrocknet nnd in dickflüssigen Canadabalsam eingeschlossen.

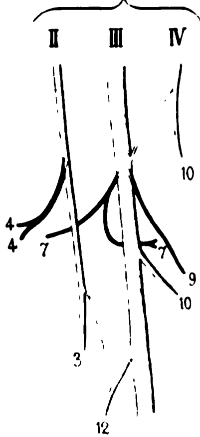
Derart isolirte Schuppen sind auf Taf. XII Fig. 1, 6, 8 von verschiedenen Haifischarten dargestellt. Wie aus den Abbildungen leicht zu sehen, kann man an ihnen zwei Theile unterscheiden; eine dünne quadratische Platte (*c*) mit einer unteren porösen Oberfläche, und zweitens den Hauptheil der Schuppe, der mehr oder minder die Form eines Stachels oder eines Höckers zeigt, aus der Hautoberfläche frei vorsteht und eine glatte glänzende Oberfläche besitzt. Den einen Theil wollen wir fortan als Basalplatte der Schuppe, den andern als Schuppenstachel bezeichnen. Eine besondere Benennung für diese sich schon äusserlich unterscheidenden Gebilde ist um so mehr geboten, als beide, wie die weitere Untersuchung ergeben wird, sich sowohl in ihrem histologischen Bau als auch in ihrer Entstehungsweise von einander unterscheiden. Basalplatte und Schuppenstachel hängen untereinander entweder so zusammen, dass der Stachel mit seinem breitesten Theile von der Oberfläche der Platte entspringt und von ihr schräg aufsteigend sich verjüngt (Fig. 1, 2, 5), oder derart, dass der Stachelkörper an seiner Vereinigungsstelle eingeschnürt ist und dadurch vermittelst eines Halses der Platte aufsitzt (Fig. 6 und 3). Die Basalplatte ist stets grösser als die Basis des von ihr aufsteigenden Schuppenstachels, so dass sie mit ihren freien Rändern mehr oder minder weit über dieselbe hervorragt. Während die

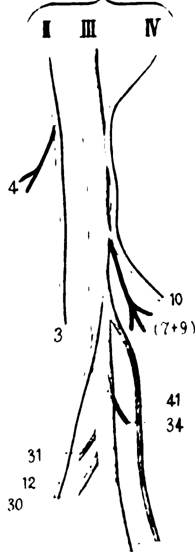
1) LEYDIG, Beiträge zur mikroskop. Anatomie u. Entwickelungsgeschichte der Rochen und Haie. Leipzig 1852.

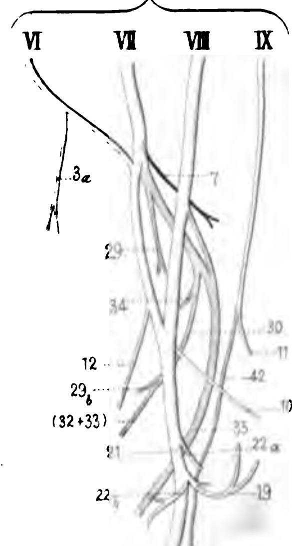








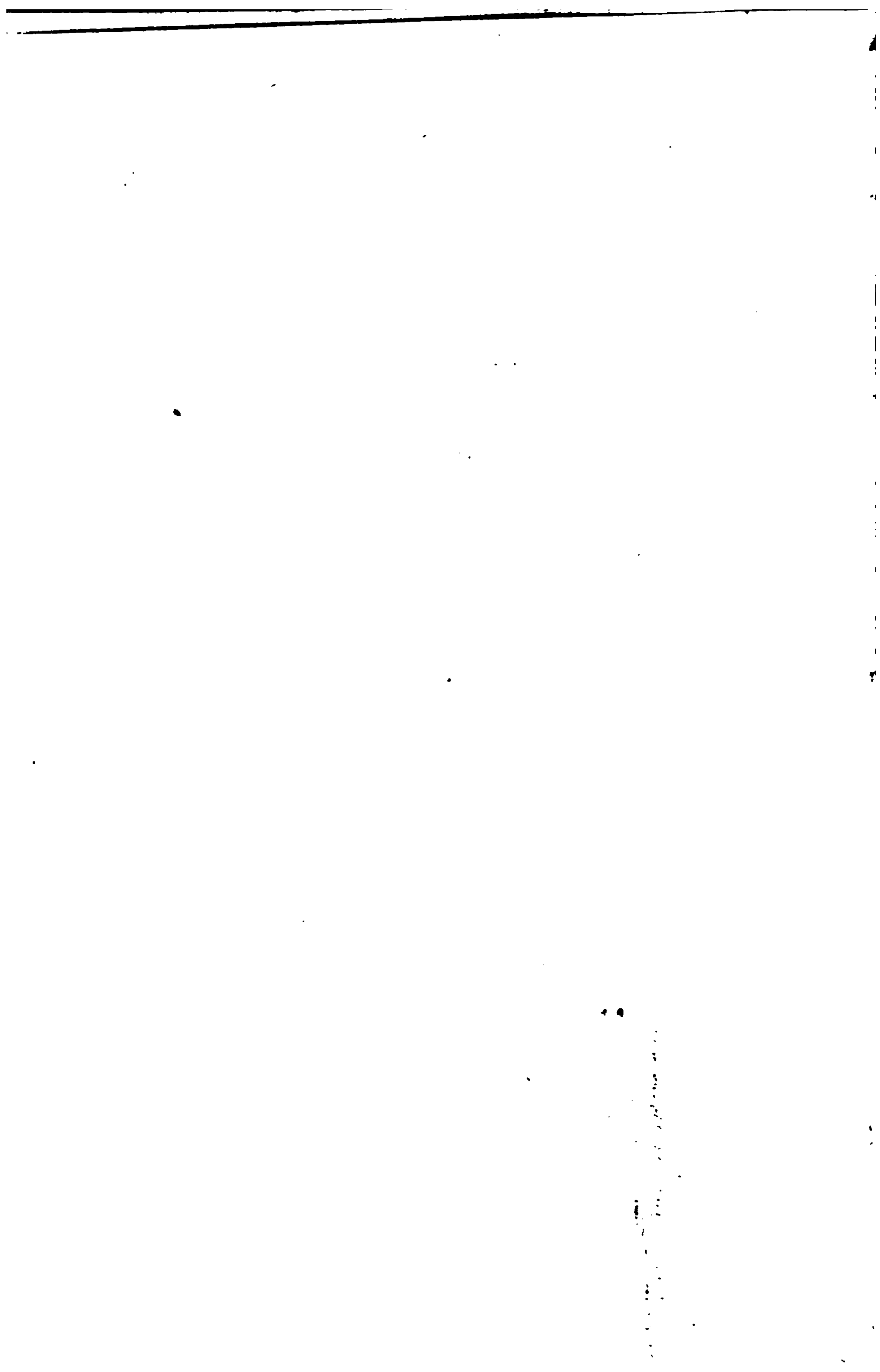




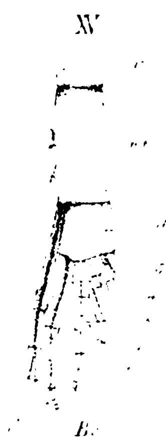
M. Fürbringer del.

Lith. Anst. v. E. Giltsch.





XV



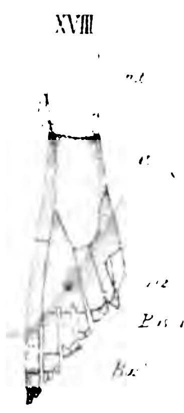
XVI



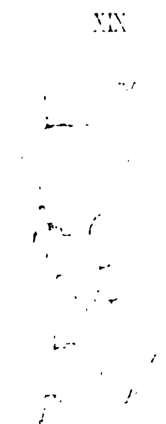
XVII



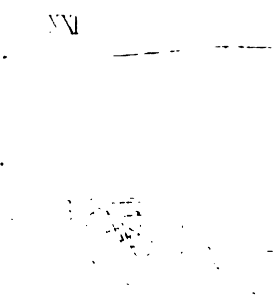
XVIII



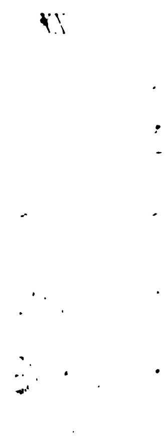
XIX



XXI

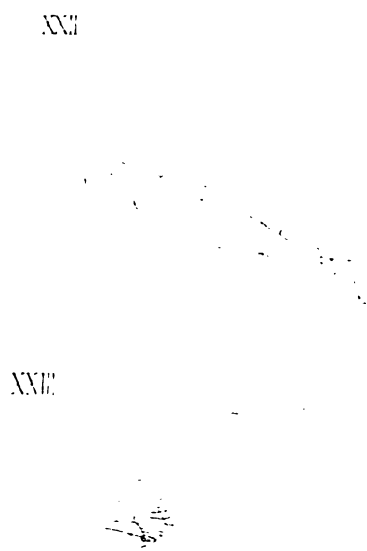


XX



XXII

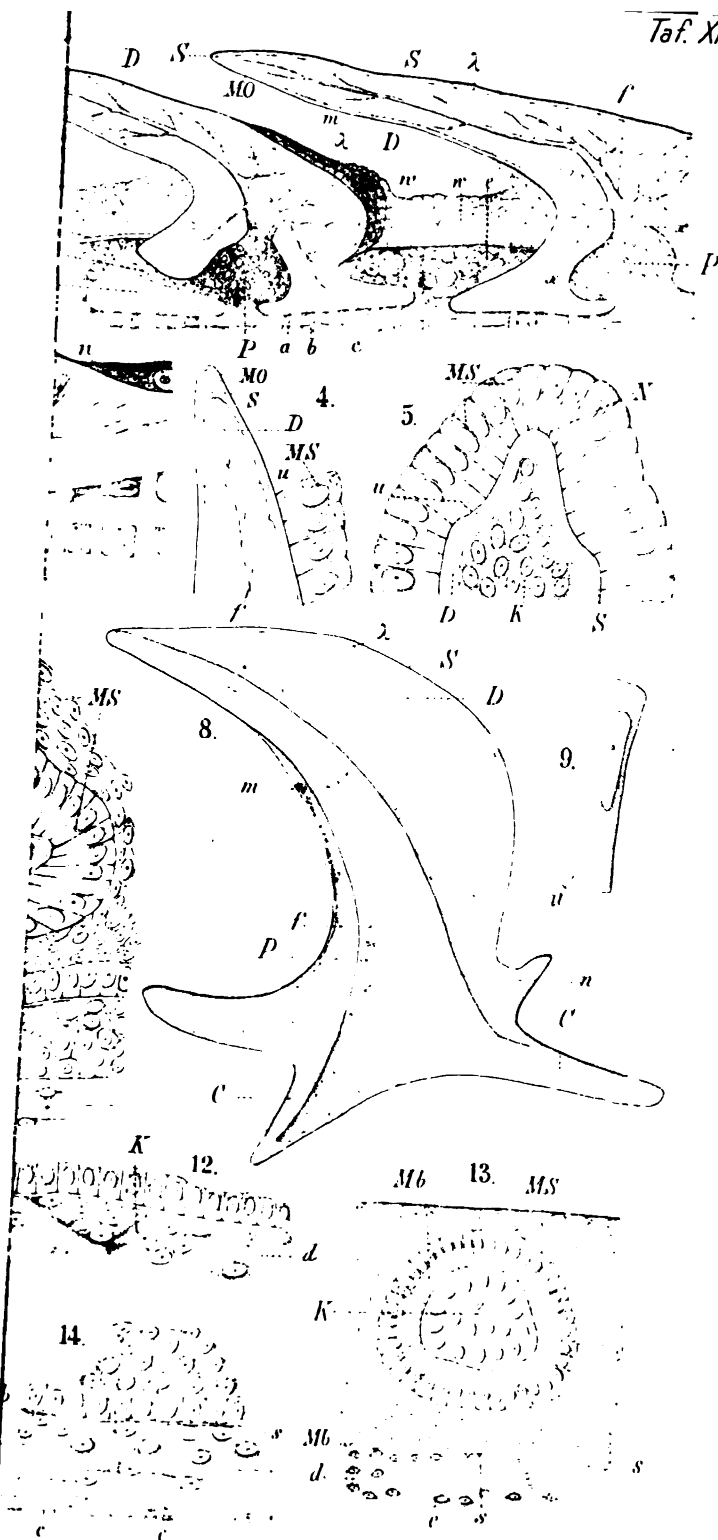
XXIII




Taf. X.
n
l_1
e_1
h
k_1
l_2



Lith. v. E. Giltsch, Jena.


Taf. XII.
4.
5.
8.
9.
12.
13.
14.
MO
MS
Mb
D
S
λ
m
P
K
a
b
c
d
n
u

In einer ausführlichen und sorgfältigen Arbeit über die mikroskopische Struktur der Schuppen und Hautzähne einiger Ganoid- und Placoidfische [1]) gibt Williamson nebst zwei Abbildungen (einem Horizontal und einem Vertical-Schnitt), eine kurze und die Hauptpunkte im Ganzen richtig darstellende Beschreibung vom Bau einer Placoidschuppe, für welche er den Namen Hautzahn (dermal teeth) neu eingeführt hat. Jeder Hautzahn enthält nach seiner Beschreibung eine Pulpahöhle, von der verschiedene grosse Kanäle ausstrahlen. Einer von diesen steigt vertical herab, die übrigen an Anzahl von 1 zu 4 variirend, verlaufen in horizontaler Richtung nach dem hinteren Theile des Zahns, wo sie mit den oberflächlichsten Lagen des Integuments, wenn nicht mit der äussern Oberfläche selbst zu communiciren scheinen. Von der Pulpahöhle werden ferner zahlreiche sich verästelnde Röhren abgegeben, die denen im Zahnbein der Haifischzähne gleichen. Der oberflächliche in die Cutis nicht eingebettete Theil der Placoidschuppe ist mit einer sehr dünnen Lage einer glänzenden Substanz bedeckt, die indess von dem Röhrchen enthaltenden Theile des Hautzahnes durch keine scharfe Trennungslinie geschieden ist. Williamson nennt diese Substanz Ganoin, sie als Schmelz zu bezeichnen hält er für unrichtig, weil sie in ihrem Charakter von den prismatischen Gebilden auf dem Dentin der Säugethierzähne verschieden ist, so dass der Gebrauch eines Wortes für beide zu Irrthümern führen würde. Eines besonderen Strukturverhältnisses gedenkt Williamson noch bei Beschreibung eines Hautzahns von Raja clavata, der nach ihm aus einer Aufeinanderfolge kegelförmiger über einander geschichteter Lamellen besteht.

Huxley gibt in seiner Arbeit über Organe des Integuments [2]) eine ähnliche Schilderung wie Williamson, namentlich bestätigt er das Vorhandensein einer oberflächlichen Lage von fast structurlosem dichtem Schmelz oder Ganoin, welchen Ausdruck er gleichfalls passender findet. Ferner hat er beobachtet, dass eine structurlose Membran den Stachel überzieht, die besser hervortritt, wenn durch verdünnte Salzsäure der Schmelz gelöst ist, diese Membran soll mit der Basalmembran in Verbindung stehen, welche Epidermis und Cutis trennt. — Leydig hebt in seinen Beiträgen zur mikroskopischen Anatomie und Entwickelung der Rochen und Haie und

1) Williamson, On the microsc. structure of the scales and dermal teeth of some ganoid and placoid fishes. Philosophical Transactions 1849.

2) Todd's Cyclopaedia of Anatomy and Physiology. Vol. V (Supplementary Volume). S. 482 und 501.

in seinem Lehrbuch der Histologie wie die vorhergehenden hervor, dass die Substanz der Schuppen die Modification des Zahngewebes besitzt. Dagegen bestreitet er die Anwesenheit einer besonderen Schmelz oder Ganoinschicht. Die freie Fläche der Schuppe soll zwar eine glatte, härtere, schmelzähnliche Beschaffenheit besitzen, indess soll die fragliche Schmelzlage mikroskopisch nichts anderes sein, als die nur von äusserst feinen Hohlräumen durchbrochene und desshalb mehr homogene oberste Lage der Schuppen und Stacheln. Die Erscheinung, dass der Rand der Schuppe aus einer besondern Substanz zu bestehen scheint, erklärt er nur für einen optischen Effekt, dadurch entstanden, dass der Rand wegen seiner Dünnheit das Licht anders bricht als der dickere Theil der Schuppe. Ferner hat Leydig beobachtet, dass bei einzelnen Arten die freie Fläche der Schuppen eine zellige Zeichnung darbietet, über die er die Frage aufwirft, ob sie nicht den Oberhautzellen ihren Ursprung (durch Abdruck) verdankt. — In einer kleinen Schrift sur la structure et le développement des écailles et des épines chez les poissons cartilagineux — der neuesten über diesen Gegenstand erschienenen Arbeit — hebt Hannover wieder die Anwesenheit einer glasigen, harten, transparenten, leicht gestreiften und vom Dentin durch einen Saum deutlich getrennten Substanz auf der Oberfläche der Placoidschuppen hervor, ohne sich über die morphologische Bedeutung derselben näher auszusprechen.

An den hier mitgetheilten Untersuchungen früherer Beobachter[1]) wird man erkennen, wie unsicher unsere Kenntnisse über den Bau der Placoidschuppen zur Zeit noch sind, und wie in verschiedenen Puncten die Ansichten der Forscher auseinanderweichen. Ich erinnere an die widersprechenden Angaben, die über das Vorhandensein oder den Mangel einer besonderen oberflächlichen Schicht auf den Schuppen gemacht worden sind, sowie daran, dass auch diejenigen Forscher, welche wie Williamson und Huxley für die Anwesenheit der fraglichen Substanz eintreten, über die Natur und Beschaffenheit derselben und namentlich über ihre Beziehung zu ähnlichen Bildungen, wie z. B. zum Zahnschmelz, keineswegs im Klaren sind und ihr daher auch einen besonderen Namen „Ganoin“ geben. Die Anwesenheit einer besondern Membran auf der Schuppe ist nur von Huxley mit wenig Worten hervorgehoben worden. Ueber den Bau der Basalplatte endlich, über den Inhalt der

1) Die Arbeiten von Agassiz sur les poissons fossiles waren mir leider nicht zugänglich.

In einer ausführli
ische Struktur de
Placoidfische[1]) gi
rizontal und einem
akte im Ganzen ric
acoidschuppe, für
u eingeführt hat. J.
ie Pulpahöhle, vo
ner von diesen st
zu 4 variirend,
nteren Theile des
s Integuments, w
nmuniciren schei
che sich verästo
Haifischzähne g
ettete Theil de
er glänzenden
altenden Theil
geschieden i
Schmelz zu
akter von
ethierzähne
ir beide
urverhält
Hautzah
rfolge

LEY g
liche
nde
hn
et
e
a

lassen einen schmalen Rindenstreifen frei. Unter diesem sie netzförmig untereinander zusammenzuhängen, wenignt man an Rückenschuppen, wo die Enden der Röhrchen nentkörnern gefüllt sind, bei einer Flächenansicht die n in Reihen angeordnet und netzförmig verbunden (Taf. XII Ausserdem kommen auch noch zahlreiche Anastomosen h zwischen den feineren Kanälchen überall vor. Wie in lächliche Schicht des Schuppenstachels, so dringen auch nteren Theil der Basalplatte die Endausläufer der Röhrht ein.

der Art von einem feinen dichten Netzwerk von Kanälchen zene homogene Grundsubstanz des Schuppenstachels zeigt noch als ein besonderes Structurverhältniss zweierlei Arten eifungen (Taf. XII Fig. 2. 3. u. 8). So bemerkt man hie an Sagittalschliffen oder Schnitten abwechselnd hellere nklere bogenförmige Streifen, die untereinander parallel die ren der Papille und der Schuppenoberfläche wiederholen. rizontalschnitten erscheinen dieselben als grössere und kleiinge entweder um die Papille oder auch um die von ihr ler Spitze des Schuppenstachels aufsteigende grosse Dentin- Dieselbe Erscheinung beschreibt Williamson vom Haut- einer Raja clavata. Ausser diesen breiten und nur in ge- Anzahl um die centrale Höhle vorhandenen Streifen beobe ich noch besonders deutlich in der Spitze des Schuppenls ein zweites System abwechselnd heller und dunkler Linien. ben stehen zu der Oberfläche der Placoidschuppe senkrecht nd viel feiner und zahlreicher als die erstgenannten Streifen. nd an allen von mir untersuchten Species vorhanden und mit Leichtigkeit zu erkennen. Beiderlei Arten von Streifen nen, da wir sie auf eine andere Ursache nicht zurückführen n, von einer Schichtung der Grundsubstanz herzurühren. nennen sie daher Schichtungsstreifen. Stellt man sich das n sie angedeutete Structurverhältniss körperlich vor, so be- der Schuppenstachel in dem einen Falle, wenn wir nur die rster Stelle beschriebenen Streifen berücksichtigen, aus einer ahl um eine centrale Höhle herumgelegter Schalen, in dem ern aus feinen aufeinandergeschichteten Plättchen, die nach Spitze der Placoidschuppe zu continuirlich an Grösse abnehmen. Bei manchen Schuppen finden sich in der sonst homogenen ndsubstanz besonders an der Basis des Stachels noch kleine zelige Räume. Sie sind durchschnittlich 0,007 Mm. gross und

führen einen von der übrigen Masse der Schuppe etwas verschiedenen, anscheinend weicheren und unverkalkten Inhalt. Mit den Röhrchen stehen sie nicht in Zusammenhang.

Wenn wir an die Beurtheilung der Frage gehen, welchem der bei höheren Wirbelthieren vorhandenen Gewebe die hier geschilderte, röhrchenführende Substanz entspricht, so können wir sie ohne Bedenken dem Zahnbein (Dentin) der Dentinzähne an die Seite stellen. Denn demselben gleicht sie von einigen Eigenthümlichkeiten in der Anordnung der Röhrchen abgesehen in ihrem histologischen Verhalten völlig. Wir legen dieser Substanz der Placoid-Schuppen daher auch von hier ab den Namen Dentin bei und werden ferner die stärkeren Kanäle Dentinkanäle die feineren Dentinröhrchen nennen. Die beschriebenen kleinen kugeligen Räume scheinen ähnliche Bildungen wie die im Zahnbein der höheren Thiere häufig auftretenden Interglobularräume zu sein.

Betrachten wir jetzt näher die Eigenschaften jener dünnen Rindenschicht auf der Placoidschuppe, in welche die Enden der feinen Röhrchen des Dentins nicht eindringen (Taf. XII Fig. 1—4. 6. 8 *S*). Schon bei Untersuchung eines getrockneten Hautstückes und isolirter Schuppen, kann man sich von mehreren Eigenthümlichkeiten derselben überzeugen: von der sehr glatten, stark glänzenden und spiegelnden Beschaffenheit ihrer Oberfläche, sowie von ihrer grossen Härte. Mit einer Nadel lässt sich die Oberfläche der Rindensubstanz nicht anritzen. Die geschilderte Beschaffenheit zeigt indessen nur der frei aus dem Corium hervorragende Theil der Placoidschuppe, während der im Corium liegende etwas porös ist. Untersucht man eine Schuppe mit dem Mikroskop nach Isolirung durch Natronlauge und Einschluss in Canadabalsam, — der weiteren Beschreibung legen wir eine Placoidschuppe von Scymnus Lichia (Taf. XII Fig. 1 u. 2) zu Grunde, weil bei dieser die Rindenschichte relativ am mächtigsten entwickelt ist — so sieht man, dass die glänzende Rindenschichte an der Basis des Schuppenstachels mit einem gezackten Rande abschneidet und sich nicht auf die Oberfläche der Basalplatte fortsetzt, welche rauh und porös erscheint.

Um den Schuppenstachel bildet die Rindenschichte einen vollkommen geschlossenen hyalinen, das Licht stark brechenden Mantel, dessen Dicke in der Nähe der Spitze (bei Scymnus Lichia) 0,015 Mm. beträgt. Hie und da findet man Placoidschuppen, an deren Spitze die hyaline Rindenschichte abgesprengt ist. Aus dem an der Spitze nun offenen Mantel schaut das nicht mit abgerissene

centrale Dentin als Kegel hervor (Taf. XII Fig. 1). Es spricht diese Art des Bruchs für eine Verschiedenheit und einen lockereren Zusammenhang zwischen beiden Substanzen.

Wie man sich an feinen Schliffen und an Schnitten durch entkalkte Schuppen überzeugen kann, besteht zwischen der Rindenschichte und dem Dentin eine Trennungslinie, die aber nicht glatt, sondern zackig erscheint dadurch, dass die Oberfläche des Dentins fein ausgefasert ist (Taf. XII Fig. 2. 3. 6. 8 λ). Die Trennungslinie tritt sehr scharf an Rückenschuppen hervor, weil hier die Endauslaufer der Dentin-Röhrchen, die nur bis zu dieser Linie vordringen, mit Pigmentkörnchen gefüllt sind, wodurch in der Nähe des Schuppenrandes ein dunkler Pigmentsaum entsteht, von welchem sich die hyaline Rinde deutlich abhebt (Taf. XII Fig. 2 λ).

Prüfen wir jetzt näher das chemische Verhalten der Rindenschichte. Wenn man auf einen Schliff concentrirte Salzsäure einwirken lässt, so schmilzt dieselbe unter den Augen rasch hinweg und lässt nur einen ganz geringen Rückstand übrig, während das Dentin abgesehen von der Lösung der Kalksalze vollkommen erhalten bleibt und einen tief ausgezackten Saum zeigt. Anders verhält sich die Einwirkung einer verdünnten Salzsäure. Wird ein Stückchen Haut in solche eingelegt, so tritt nach einiger Zeit eine Veränderung im Aussehen der Placoidschuppe ein, indem die vorher glänzende und durchsichtige Oberfläche nach Lösung der Kalksalze nun undurchsichtig geworden ist und milchweiss aussieht. Dieser milchweisse Ueberzug reicht nur bis zur Basalplatte, auf welche er sich nicht fortsetzt. Die so veränderte Rindenschichte lässt sich mit der Nadel von der darunter liegenden Substanz leicht in Brocken abheben. Unter dem Mikroskop zeigt sie jetzt nicht mehr eine homogene, sondern eine stark körnige Beschaffenheit. Bei Zusatz von etwas stärkerer Salzsäure lösen sich die glänzenden Körnchen, indem sie wegschmelzen, und wird die Substanz vollkommen durchsichtig. Bei längerer Einwirkung oder bei Anwendung noch stärkerer Säure wird sie bis auf einen geringen Rückstand ganz aufgelöst. Hierdurch erklärt es sich, dass man an entkalkten Schuppen, wenn die Flüssigkeit zu stark angesäuert war oder zu lange eingewirkt hat, auf Schnitten die Rindenschichte vermisst oder nur Fetzen derselben antrifft. Derartig entkalkte Schuppen haben aber auch schon äusserlich nicht mehr den erwähnten bei vorsichtiger Entkalkung sichtbaren milchweissen Ueberzug, sondern sind vollkommen durchsichtig und homogen. Um die Auflösung der Rindenschichte zu vermeiden,

nimmt man die Entkalkung am besten der Art vor, dass man einige Tropfen Salzsäure zu Spiritus setzt. Die Kalksalze lösen sich dann langsamer und die organische Grundsubstanz der dünnen Aussenschichte bleibt ungelöst. Ein weiteres Merkmal, welches für die verschiedene chemische Beschaffenheit der beiden Substanzen spricht, ist das abweichende Verhalten der Carminfärbung gegenüber. An Schnitten durch vorsichtig entkalkte Schuppen imbibirt sich die innere Hauptmasse dunkelroth, die dünne Rindenschichte dagegen nimmt keinen Farbstoff auf. Zum Schluss dieses Abschnittes sei noch erwähnt, dass an einzelnen Schuppen, wie von Mustelus laevis und Acanthias vulgaris die glänzende physicalisch und chemisch eigenartig beschaffene Aussenschichte sehr dünn und stellenweise fast nur als membranartiger Ueberzug vorhanden ist (Taf. XII Fig. 3 *S*).

Die eben beschriebene Substanz wird auf ihrer Oberfläche von einer Membran überzogen, die von Huxley bis jetzt allein mit ein paar Worten beschrieben worden ist (Taf. XII Fig. 2. 3. 4 ***MO***). Gegen Säuren zeigt sie mehr Widerstand als die Rindenschichte, so dass sie, während jene sich auflöst, erhalten bleibt. Am besten überzeugt man sich daher von ihrer Anwesenheit, wenn man feine Schliffe unter dem Mikroskop langsam entkalkt. Während hierbei die glänzende Rindenschicht der Schuppe sich allmählig löst, bleibt die resistentere Haut auf grosse Strecken im Zusammenhang erhalten. Dieselbe hängt, wie man an günstigen Objecten auf Schnittpräparaten wahrnehmen kann und schon Huxley hervorgehoben hat, an der Basis des Schuppenstachels mit der derberen Basal-Membran zusammen. An Schnitten durch entkalkte Haut findet man die Membran gewöhnlich stellenweise in Fetzen abgelöst, da sie durch die bei der Entkalkung sich entwickelnde Kohlensäure und eintretende Quellung zerrissen wird. Bei vielen Haien z. B. constant bei Mustelus laev., Carcharias glaucus ist sie am Rücken der Schuppe entweder in ihrer ganzen Ausdehnung oder nur in der Nähe der Basis mit einer deutlichen, zelligen Zeichnung versehen (Taf. XII Fig. 3 u. 6). Die Felderchen der Zeichnung sind unregelmässig hexagonal, im Durchschnitt 0,022 Mm. lang, 0,014 Mm. breit. An vorsichtig entkalkten isolirten Schuppen kann man Fetzen zusammenhängender Felder mit der Nadel abzupfen. Dieselben erhält man auch isolirt, wenn man entkalkte Schuppen in Wasser unter ein Deckgläschen bringt und auf dasselbe klopft. Es wird dann die Oberfläche der Schuppe rissig und blättert sich nach einiger Zeit eine Membran in Fetzen ab. Die hexagonalen

Felder zeigen eine körnige Beschaffenheit und deutliche Begrenzung, doch ist von Kernen in ihnen keine Spur wahrzunehmen.

Aus den hier mitgetheilten Thatsachen geht mit Sicherheit hervor, dass die Oberfläche des Dentins von einer chemisch, physicalisch und histologisch von ihm differenten Substanz bekleidet ist, wie schon von Williamson, Huxley, Hannover richtig beschrieben, von anderer Seite mit Unrecht in Abrede gestellt worden ist; und dass ferner auf dieser Substanz ein resistenteres dünnes Häutchen sich befindet, welches Huxley zuerst entdeckt hat. Williamson hat für diese Rindenschicht den Namen Ganoin eingeführt und betrachtet sie als etwas vom Schmelz der Zähne Verschiedenes. Prüfen wir mit welchem Rechte, indem wir die Eigenschaften des sogenannten Ganoins mit den Eigenschaften des echten Schmelzes vergleichen. Wie die Substanz auf der Oberfläche der Placoidschuppen, ist der Zahnschmelz stark lichtbrechend, von grosser Härte und in concentrirterer Salzsäure lösbar, indem er in kleine cubische Stückchen zerfällt, welche allmählig einschmelzen und nichts als ein zartes Gerüste übrig lassen. Entkalkt man Zähne in angesäuertem Spiritus, so nehmen sie die auch von den Schuppen geschilderte milchweisse Beschaffenheit der Oberfläche an. Beide Substanzen sind auf ihrer Oberfläche von einem gegen Reagentien resistenteren Häutchen in gleicher Weise überzogen. Beide liegen ein und derselben Gewebsform auf, das eine dem Zahnbein, das andere dem Schuppendentin und setzen sich von demselben mit einer deutlich wahrnehmbaren Linie ab. Der einzige Unterschied zwischen beiden Substanzen beruht darin, dass der Schmelz der Zähne in Schmelzprismen sich zerlegen lässt, während der Schmelz der Schuppen sich anscheinend homogen verhält und hierdurch morphologisch etwas abweichend gestaltet ist. Dies kann indessen für uns den angeführten übereinstimmenden Merkmalen gegenüber keinen Grund für eine Trennung abgeben, um so weniger als auch die Entwickelung des Schuppenschmelzes, wie wir später sehen werden, der Entwickelung des Zahnschmelzes völlig gleicht. Die Prismenbildung betrachten wir nur als eine besondere Modification und, wenn man will, als eine höhere Entwickelungsstufe des Schmelzes. Wir tragen daher gestützt auf die hervorgehobene chemische, physicalische und z. Th. auch morphologische Uebereinstimmung der in Vergleich gezogenen Substanzen kein Bedenken, die oberflächliche Schichte auf den Placoidschuppen für Schmelz und das Häutchen auf ihm für ein Schmelzoberhäutchen zu erklären. Den Ausdru[illegible] Be-

zeichnung dieser Substanz verwerfen wir daher, da wir die Bedenken WILLIAMSON's für unbegründet halten.

Anmerkung. In gleicher Weise wie bei den Placoidschuppen bestehen in der Literatur auch widersprechende Angaben über die Existenz einer Schmelzschichte bei den Schuppen der Ganoiden. So erklärt LEYDIG[1]): „Wenn man an die Untersuchung des Schmelzes geht, nachdem den Schuppen ihr Kalkgehalt durch Säure entzogen ist, so führt der in Rede stehende Theil seinen Namen mit Unrecht, wollte man daran die Annahme knüpfen, dass er im Bau mit dem Schmelz der Zähne der höheren Wirbelthiere übereinstimme. Denn er besteht keineswegs aus gesonderten, den Schmelzprismen vergleichbaren Elementen, sondern er ist nichts anderes, als die nur von äusserst feinen Hohlräumen durchbrochene und desshalb mehr homogene oberste Lage der Schuppen". Demgegenüber hebt REISSNER[2]) hervor, dass man an Schliffen den Schmelz sehr scharf und bestimmt von der Knochensubstanz abgegrenzt sieht. Auch schildert er das Verhalten desselben gegen Salzsäure, welches mit dem oben von Scymnus Lichia geschilderten übereinstimmt, in folgender Weise: „Setzt man zu einem feinen Schuppenschliff, der im Wasser liegt und an dem man sich durch das Mikroskop von der Gegenwart und dem normalen Verhalten des Schmelzes überzeugt hat, einen Tropfen concentrirter Salzsäure", so sieht man „den Schmelz von freien Rande aus wie schmelzenden Schnee rasch dahin schwinden. Von ihm ist endlich nichts übrig geblieben."

Bei einer Prüfung dieser Frage, welche ich bei Gelegenheit dieser Untersuchungen vornahm, habe ich an Schuppen von Lepidosteus die Angaben REISSNER's bestätigen können. An dünnen Schliffen überzeugt man sich leicht von der Anwesenheit einer ziemlich dicken durch eine scharfe Linie von der unterliegenden Schuppensubstanz getrennten Rindenschicht. Sie ist vollkommen homogen und bricht das Licht sehr stark. In Salzsäure löst sie sich bis auf einen geringen körnigen Rückstand auf. Wie man bei vorsichtiger Entkalkung eines dünnen Schliffes wahrnimmt, wird die Oberfläche dieser Rindenschicht gleichfalls von einer resistenteren Membran überzogen. Da die Rindenschicht der Ganoid- noch leichter als die der Placoidschuppen in Salzsäure sich löst, was vielleicht von einem Zurücktreten der organischen und Ueberwiegen der anorganischen Bestandtheile herrührt, so vermisst man auf Schnitten auch durch vorsichtig entkalkte Hautstücken die fragliche Substanz. Bemerkenswerth ist das stellenweise und vereinzelte Eintreten von feinen aus dem unterliegenden Schuppengewebe stammenden Röhrchen in diese oberflächliche Lage, was bereits auch schon von WILLIAMSON und REISSNER hervorgehoben worden ist. Aus denselben Gründen, welche wir für die Schmelznatur der Rindenschicht auf den Placoidschuppen geltend gemacht haben, erblicken wir auch bei den Ganoidschuppen in ihr nur eine Modification des Schmelzes und halten daher an dem schon von AGASSIZ eingeführten Namen fest.

Wenden wir uns jetzt zur Besprechung des die Basalplatte zusammensetzenden Gewebes. Eine getrennte Besprechung erfordert dasselbe, da es verschiedene vom Dentin es unterscheidende

1) LEYDIG, Histolog. Bemerkungen über den Polypterus bichir. Zeitschr. für wissenschaftl. Zoologie v. SIEBOLD u. KÖLLIKER. Bd. V.

2) MÜLLER's Archiv 1859.

Eigenthümlichkeiten in seiner Structur besitzt (Taf. XII Fig. 1—3 6. 8 *C*). Zur Untersuchung eignen sich am besten in Chromsäure entkalkte Schuppen, weil bei dieser Art der Entkalkung das Bindegewebe nicht aufquillt.

Die Basalplatte besteht zum grossen Theil aus einer homogenen Grundsubstanz, die sich durch einen deutlichen fein gezackten Rand von dem umgebenden Bindegewebe der Cutis absetzt (Taf. XII Fig. 2 *C*). Zwischen dieser homogenen Substanz und dem Dentin der Schuppe besteht keine Trennungslinie, sondern ein allmähliger Uebergang. Die Enden der Dentinröhrchen dringen indessen in sie gar nicht oder nicht weit ein. Zum andern Theile besteht das Gewebe der Basalplatte aus Bindegewebsfasern, welche aus dem umgebenden Corium herstammend in dasselbe mit eingehen. Unter ihnen springen auf Durchschnitten am meisten Bündel in die Augen, welche senkrecht aufsteigend in die Basalplatte an ihrer unteren Fläche als deutlich wahrnehmbare Stämme eintreten. Sie sind die Enden der bereits früher erwähnten, die horizontalen Lamellen der Cutis durchbohrenden Bindegewebsbündel. In der Basalplatte zerfallen sie in kleinere Zweige, die sich verflechten und an der Grenze gegen die röhrchenführende Dentinsubstanz verschwinden. Sie sind es besonders, welche die Schuppe im Integumente so äusserst festhalten. Auf einem Horizontalschnitt durch die Platte werden diese senkrecht aufsteigenden Bündel quer durchschnitten und erscheinen dann als Kreise von Pünktchen in der übrigen homogenen Substanz. An Stelle der Faserbündel bemerkt man auf Schuppenschliffen dicht aneinander mit Luft erfüllte kurze parallele Kanäle. Hieraus sowie aus dem Umstande, dass an vermittelst Natronlauge isolirten Placoidschuppen die Basalplatte an ihrer unteren Fläche von zahlreichen unregelmässigen kleinen Löchern durchbohrt ist, kann man schliessen, dass die vom Corium senkrecht eindringenden Bindegewebsbündel unverkalkt sind. Die auf Schliffen wahrgenommenen Kanäle entstehen dann durch Eintrocknung der in ihnen enthaltenen Fasern, die Löcher in isolirten Platten durch Auflösung der Fasern durch die Einwirkung der Natronlauge.

Ausser diesen aufsteigenden Bündeln sieht man im Basalplattengewebe noch horizontal verlaufende. Von diesen zieht ein Theil in paralleler Richtung zu einem Sagittal- resp. Querschnitt, ein anderer Theil aber in rechtwinklig entgegengesetzter Richtung, so dass man ihre Querschnitte erblickt. Wie aus dieser Beschreibung hervorgeht, ist das Basalplattengewebe verknöchertes Binde-

gewebe. Es ist daher, trotzdem zwischen ihm und dem Schuppendentin keine Trennungslinie besteht, doch als eine von ihm verschiedene besondere Gewebsart zu betrachten. Aus Rücksicht auf seinen histologischen Charakter als verknöchertes Bindegewebe, sowie mit Rücksicht darauf, dass es die Verbindung zwischen dem Dentin und dem Corium herstellt und beide gewissermaassen verkittet, legen wir ihm den Namen Schuppencement bei. Dasselbe spielt eine gleiche Rolle, wie das Zahncement, welches gleichfalls als Bindemittel zwischen Zahnbein und unterliegendem Gewebe dient und verknöchertes Bindegewebe mit darin als Knochenkörperchen eingeschlossenen Zellen ist.

Es bleibt uns noch der aus Bindegewebe und Zellen bestehende Inhalt der im Inneren einer jeden Placoidschuppe befindlichen Höhle näher zu schildern (Taf. XII Fig. 2 u. 3 *P*), welchen wir Schuppenpulpa nennen werden. Ihre histologische Untersuchung wird durch das reichliche Vorkommen von Pigmentzellen etwas erschwert. Die Schuppenpulpa hängt entweder nur durch einen Fortsatz, der vertical durch die Basalplatte herabsteigt, mit dem Cutisgewebe zusammen — dies ist der Fall bei Scymnus Lichia — oder es gehen von ihr auch noch ein paar horizontal verlaufende Stränge durch die Vereinigungsstelle zwischen Schuppenstachel und Basalplatte in das über letzterer gelegene lockere Bindegewebe. Die Pulpa besteht aus einem sehr zellenreichen blutgefässführenden Bindegewebe. Ob auch Nerven in sie eindringen, wurde nicht untersucht. Ihre Oberfläche ist von einer epitheliumartig angeordneten Zellenlage überkleidet, die sich aber wenig als besondere Schichte markirt. Sie besteht aus nahezu plattenförmig gestalteten Zellen, die langgestreckt dem Dentinrand anliegen. Zum grossen Theil schicken sie in das Dentin keine Ausläufer entsprechend der geringen Anzahl der von der Papille entspringenden Dentin-Röhren und Röhrchen. Die der Einmündungsstelle des nach der Schuppenspitze verlaufenden Dentinrohrs zunächst gelegenen Zellen zeigen ein besonderes Verhalten. Sie sind mehr cylindrisch, besitzen einen grossen Kern und an ihrem peripheren Ende einen langen Ausläufer. Ohne eine distincte Zellenschicht auf der Pulpa zu bilden liegen sie um die Einmündungsstelle des Dentinrohrs herum und schicken ihre Ausläufer zu einem Bündel vereint in dasselbe. Zuweilen sieht man auch noch eine dieser Zellen oder deren mehrere, kenntlich durch ihre Kerne, im Anfangstheil des Dentinrohrs isolirt zwischen den vorbeiziehenden Fasern der oben beschriebenen Zellengruppe liegen (Taf. XIII Fig. 10 *α*). Die in

das Rohr eingedrungenen Zellausläufer vertheilen sich auf die von ihm seitlich entspringenden Kanälchen. In Kanälchen mittlerer Grösse sieht man noch deutlich eine einzelne Faser verlaufen. Ferner wollte es mir scheinen, als ob auch bindegewebige Bestandtheile in das Dentinrohr eindringen. Als solche bezeichne ich im Gegensatz zu den Zellen mit grossem Kern und Ausläufern kleinere Kerne mit spärlicher Protoplasmaanhäufung, welche ich hie und da im Dentinrohr wahrnahm. —

Dass wir in den gestreckten Zellen mit langen Ausläufern Odontoblasten entsprechende Gebilde vor uns haben, unterliegt wohl keinem Zweifel. Indessen scheinen mir auch die plattenartig dem Dentin angeschmiegten Zellen ohne Ausläufer zur Dentinbildung in Beziehung zu stehen und sind dann mit gleichem Rechte als Odontoblasten zu bezeichnen. Es lässt sich das hier vorliegende Verhältniss so beurtheilen, dass eine Differenzirung der das Zahnbein bildenden Zellen nach zwei Richtungen eingetreten ist: 1) in Zellen, die von der Oberfläche der Papille aus neue Lagen Grundsubstanz anbilden, ohne mit Ausläufern in dieselbe einzudringen und daher pflasterförmig nach Art von Osteoblasten dem Gewebe anliegen; 2) in Zellen, die mit ihren Ausläufern in Dentinröhrchen eindringen und dadurch mehr die Ernährung der fertigen Substanz namentlich der äussern Partieen derselben übernehmen.

Die über den Bau der ausgebildeten Placoidschuppen aufgefundenen Thatsachen lassen sich zu folgendem Endergebniss zusammenfassen.

Die Placoidschuppe der Selachier besteht aus drei Geweben: 1) aus eigenthümlich modificirtem Dentin, 2) aus einer dünnen Schmelzschicht, die von einem resistenteren Häutchen, dem Schmelzoberhäutchen, überzogen wird, 3) aus einem verknöcherten Bindegewebe, dem Schuppencement. Im Inneren enthält die Placoidschuppe eine von der Schuppenpulpa ausgefüllte kleine Höhle. Auf der Oberfläche der Pulpa finden sich verschieden gestaltete Odontoblasten ohne eine vom unterliegenden Gewebe scharf gesonderte Lage zu bilden.

Die Entwickelung dieser verschiedenen Theile habe ich an vortrefflich erhaltenen Embryonen von Acanthias vulgaris, Acanthias americanus, Mustelus laevis, Heptanchus cinereus und Carcharias glaucus, welche mir vom Herrn Professor Gegenbaur bereitwillig mit der grössten Liberalität zur Verfügung gestellt wur-

den, eingehend verfolgen können. Eine genaue Untersuchung der Schuppenentwickelung erschien mir um so gebotener als über dieselbe in der Literatur nur wenige vereinzelte Angaben bestehen.

Die genauesten Mittheilungen giebt uns in seiner Arbeit über Rochen und Haie LEYDIG[1]). Er beschreibt von einem Acanthiasembryo von 4 Zoll Länge, dass wenn man die Oberhaut als ein continuirliches Läppchen abzieht, sie an der nach unten gewendeten Seite Vertiefungen besitzt. In diese Aushöhlungen der Oberhaut passen warzenförmige Papillen hinein, welche sich in grosser Menge von der Lederhaut erheben. Auf ihnen scheiden sich die Schuppen aus und zwar in der Weise, dass eine scharf contourirte Kalkmasse in anfänglich sehr dünner homogener Lage die Papille kappenartig überzieht. Die Schuppen und Hautstacheln der Rochen und Haie betrachtet daher LEYDIG als ossificirte Papillen der Haut[2]). HANNOVER bemerkt, dass die Entwickelung der Schuppen in genau derselben Weise wie die der Zähne erfolge, ohne indessen über die einzelnen Vorgänge bei beiden Näheres mitzutheilen[3]).

Dieses sind die einzigen aus der Literatur über Entwickelung der Placoidschuppen bekannt gewordenen Angaben, deren aphoristische Kürze erneute Untersuchungen nöthig machte, wenn ein sicheres Verständniss für die einzelnen Schuppentheile gewonnen werden sollte. Der jüngste von mir untersuchte Embryo war ein Acanthias vulgaris von 8 Cm. Länge. Bei diesem liegt die Oberhaut als vollkommen glatter Ueberzug dem Corium, das keinerlei Papillenbildung zeigt, auf (Taf. XII Fig. 14). Auf die geschichteten dünnen Bindegewebslamellen, die nach der Oberfläche zu an Stärke continuirlich abnehmen, folgt eine dünne Lage nichtgeschichteten Bindegewebes, in welchem die früher beschriebenen blasigen Zellen noch nicht entwickelt sind und welches sich mit der Oberhaut von dem Körper leicht abziehen lässt. Bedeckt ist dieses Gewebe von einer deutlich erkennbaren Basal-Membran, welche eine scharfe Grenze zwischen Bindegewebe und Epidermis setzt. Letztere besteht aus 4—6 Zellenlagen, deren unterste durch regelmässig prismatische Zellen von 0,012 Höhe und 0,008 Breite gebildet wird. Schleimzellen finden sich an so jungen Thieren in der Oberhaut noch nicht vor. An der untern Seite liegen der Basal-Membran langgestreckte Zellen mit grossen

1) LEYDIG, Beiträge zur mikroskop. Anatomie der Rochen u. Haie 1852.

2) LEYDIG, Lehrbuch der Histologie.

3) Sur la structure et le développement des écailles et des épines chez les poissons cartilagineux.

Kernen in kleinen Abständen von einander unmittelbar angeschmiegt (Taf. XII Fig. 14 *S*). Hinsichtlich des Baues des Integumentes ist hier noch ein indifferenter Zustand gegeben, wie wir ihn dauernd bei Cyclostomen finden. Diesen noch indifferenten Zustand fand ich schon an einem 10 Cm. langen Acanthiasembryo und merkwürdiger Weise mehr in den Hautpartieen des Hinterendes des Thieres geändert, indem ich hier zwischen Epidermis und Corium in grösseren Abständen von einander liegende kleine Zellenanhäufungen wahrnahm (Taf. XII Fig. 12 u. 11). Stellenweise bildeten die jungen Zellen auch schon grössere Haufen, welche die unteren Epidermislagen kugelig in die Höhe und zugleich das Bindegewebe etwas nach unten drängten. Da die grosskernigen Zellen ohne eine wahrnehmbare Spur von bindegewebigen Bestandtheilen mit ihren Protoplasmaleibern unmittelbar an einanderliegen, so können wir das Gewebe des Zellenhaufens in dieser Beziehung als Epithelähnliches bezeichnen. Dasselbe wird auf seiner Oberfläche von einer auf senkrechten Schnitten deutlich wahrnehmbaren Membran überzogen, die seitlich in die Basalmembran übergeht und sich dadurch als ein durch die Zellenwucherung in die Höhe gewölbter Theil der letzteren zu erkennen giebt. Ueber den Zellenhaufen setzt sich die Oberhaut continuirlich weg. Die unterste prismatische Zellenlage derselben hat um ein sehr Geringes an Höhe der einzelnen Zellen über dem Hügel zugenommen und zeigt sonst in ihrer Beschaffenheit und ihrer Lage durchaus keine Veränderungen (Taf. XII Fig. 11 *MS*). Gegen das unterliegende ungeschichtete Bindegewebe setzt sich der Zellenhaufen auf senkrechten Schnitten in einer etwas nach unten gewölbten Linie ziemlich scharf ab. Grosse Pigmentzellen, wie sie am Rücken nahe unter der Basalmembran lagen, sind durch die Zellenwucherung von derselben hinweggedrängt worden. Besonders deutlich erkennt man dies am Rande des Hügels, wo man nicht selten Pigmentzellen trifft, die zur Hälfte der Basalmembran anliegen, zum andern Theil durch junge Zellen von ihr geschieden sind (Taf. XII Fig. 11 *t*).

Wie der weitere Verlauf der Veränderungen, welche bei älteren Embryonen an diesen zwischen Epidermis und Corium liegenden Zellenhaufen stattfinden, uns zeigen wird, haben wir hier die ersten Anlagen der Placoidschuppen vor uns. Eine Frage von principieller Bedeutung lässt sich hier aus den angeführten Thatsachen mit Sicherheit entscheiden. Verdanken die zwischen Oberhaut und Corium liegenden Zellenhaufen ihre Entstehung den

untersten Lagen der Epidermis, stammen sie mithin aus dem oberen Keimblatt ab, oder entstehen sie aus den obersten Schichten des Coriums, mithin aus dem mittleren Keimblatt? Die Frage entscheidet sich durch das Verhalten der Basalmembran. Da ein Theil derselben den Zellenhügel auf seiner Oberfläche überzieht und da ferner die Basalmembran schon vor der ersten Bildung des Zellenhügels deutlich nachweisbar eine Grenzlinie zwischen Oberhaut und Corium bildet, da endlich auch eine auffallende Zellvermehrung an den betreffenden Stellen in der Oberhaut nicht wahrzunehmen ist, so folgt aus diesen drei Thatsachen mit Gewissheit, dass nur von dem unter der Basalmembran gelegenen Gewebe die Zellenhaufen entstehen können. Wir haben jetzt noch weiter zu prüfen, von welchen Zellen hier die Wucherung ausgeht.

Wenn wir in Betracht ziehen, dass die Zellenhügel keine Bindegewebsfasern enthalten, und von dem unterliegenden Bindegewebe scharf getrennt sind, dass Pigmentzellen, welche dicht unter der Basalmembran lagen, durch die Zellenwucherung von ihr abgedrängt worden sind, so können wir uns die fraglichen Zellenhügel nur durch eine stellenweise sehr lebhaft stattfindende Vermehrung der dicht unter der Basalmembran gelegenen Zellen entstanden denken. Wie wir schon früher hervorgehoben haben, liegen besonders in einem noch indifferenteren Zustande des Integuments, aber auch später, unmittelbar unter der Basalmembran langgestreckte Zellen in kleinen Abständen von einander. Aus dem Umstande, dass aus ihnen durch Theilung die Zellenhügel hervorgehen, schliessen wir, dass sie eine Zone noch indifferenten Gewebes, gewissermaassen eine Art Keimschicht im Integument bilden.

An wenig älteren Embryonen vergrössert sich der Zellenhügel und nimmt die Form einer noch immer nur aus Zellen bestehenden Papille an (Taf. XII Fig. 7 u. 10). Diese wuchert mit ihrer Spitze dem Hinterende des Thieres zugekehrt schräg aufwärts in die Epidermis hinein, die unterdessen durch eine Vermehrung ihrer Zellenlagen auch an Höhe bedeutend gewonnen hat. Aus der schrägen Lage der Papille in der Oberhaut erklärt sich das Bild, welches ein zufällig nahe der Papillenspitze durch die Haut geführter Querschnitt liefert. In Taf. XII Fig. 13 ist ein solcher dargestellt. Man erblickt hier mitten in der Oberhaut einen Zellenring gebildet durch eine einfache Lage sehr langer Cylinderzellen, die mit ihrem inneren Ende einer Basalmembran aufsitzen. Die Mitte des Ringes ist dicht mit

Kernen angefüllt. Um die Cylinderzellen legt sich ein Mantel sehr plattgedrückter Epithelien, auf welche weiterhin normale Epidermiszellen folgen. Die Oberfläche der Papille zeigt in diesem Zustande eine den fertigen Schuppen entsprechende Form. Zur Bestätigung möge ein Querschnitt durch die höchst zierliche Schuppenpapille von Heptanchus cinereus dienen (Taf. XII Fig. 7). Mit einer schmalen Basis dringt dieselbe in die Epidermis und breitet sich in ihr nach beiden Seiten flach aus. Ihre obere Fläche ist mit drei Höckern, einem mittleren höheren und zwei niedrigeren seitlichen versehen, welche die Durchschnitte dreier auf dem Rücken der Schuppe verlaufender Leisten sind.

Während bei Heptanchus die Papille ganz frei auf der Oberfläche des Corium aufsitzt, ist sie bei einigen Haien, z. B. bei Acanthias americanus mit der sie bekleidenden Epithellage zur Hälfte in das unterliegende Bindegewebe eingesenkt.

An den zur Untersuchung dienenden Embryonen aus dem geschilderten Stadium (Heptanchus 13 Cm. Acanthias am. 17 Cm. Länge) bemerkt man auf der nahezu glatten Oberfläche der Epidermis noch keine den Papillen einigermaassen entsprechende Hervorragungen. Zum Theil rührt dies daher, dass die Dicke des Epidermisüberzuges durch Vermehrung seiner Zellenlagen zugenommen hat, zum Theil daher, dass diejenigen Epidermiszellen, welche der auf der Basalmembran unmittelbar aufliegenden Zellenschicht folgen, zu dünnen Plättchen zusammengedrückt sind. Zieht man jetzt ein Stück Oberhaut, wie es schon Leydig that, von dem Corium ab, so bemerkt man an ihrer unteren Seite tiefe Gruben in welchen die Papillen gesteckt haben.

An den früher prismatischen der Papille aufliegenden untersten Zellen der Oberhaut sind gleichzeitig mit den beschriebenen Vorgängen bedeutende Veränderungen eingetreten sowohl was die Grösse der einzelnen Zellen, als auch was ihren Inhalt betrifft (Taf. XII Fig. 5 u. 7 *MS*). An Höhe haben die Zellen so beträchtlich zugenommen, dass sie die bedeutende Länge von 0,03—0,04 Mm. erreichen und die Höhe der untersten Epithelzellenlage, welche zwischen den Papillen unverändert geblieben ist, um das Dreifache übertreffen. In ihrer Gesammtheit bilden sie über der Papille ein herrliches Cylinderzellenepithel. Nach dem Grunde der Papille nehmen sie an Höhe continuirlich ab und gehen in die 0,013 hohe untere Epidermiszellenschicht unmittelbar über. Der 0,009—0,012 grosse Kern der Cylinderzellen liegt in dem peripheren Zellenende, worunter ich das von der Basalmembran abgewandte verstehe.

Eine auffallende Veränderung hat der Inhalt der Zellen erlitten. Ihre Basis und ihre Seitenwandungen besitzen eine homogene glasig glänzende Beschaffenheit und färben sich in Carmin geringer als der körnchenreichere mittlere und periphere Zellenleib. Meist besitzt die so veränderte Zellpartie die Form eines Keils, wie es Taf. XII Fig. 5 u. 9 *n* darstellt. Diese so eigenthümliche Zusammensetzung der Cylinderzellen aus zwei verschiedenen Substanzen tritt bei Anwendung mittlerer Vergrösserung schärfer als bei starker Vergrösserung hervor. Am deutlichsten habe ich sie an Schnitten durch die Haut eines 17 Cm. langen Embryo von Acanthias americanus gesehen. Fig. 9 auf Taf. XII stellt eine durch Zerzupfen isolirte, derartig veränderte Cylinderzelle sehr stark vergrössert dar. Bei Betrachtung der Zellenschicht von ihrer unteren Fläche erscheint ein glänzendes Netzwerk, dessen runde kleine Maschenräume eine etwas körnige Beschaffenheit zeigen.

Nachdem die zur Schuppenanlage zusammentretenden zelligen Elemente den beschriebenen Grad der Ausbildung erlangt haben, beginnt die Bildung der festen Schuppentheile. Dieselbe beobachtete ich an Embryonen von Heptanchus cinereus von 13 Cm. und von Acanthias americ. von 17 Cm. Länge. Bei Letzterem war die Entwickelung schon ein wenig weiter vorgeschritten. Auf Schnitten durch nicht entkalkte Haut, die sich in dem Stadium noch leicht herstellen lassen, bemerkt man, wie eine membranartig dünne Kalkkruste die gesammte Oberfläche der Papille überzieht (Taf. XII Fig. 7 und 10 *N*). Ihre nach dem hohen über ihr liegenden Cylinderepithel zugewendete Seite ist vollkommen eben und glatt, die innere Seite dagegen zeigt kleine Vorsprünge. Am dicksten ist die Kalkmembran über der Spitze der Papille, wo die verkalkte Masse einen kleinen kegelförmigen Aufsatz bildet. Derselbe gleicht in seinem physikalischen, sowie in seinem chemischen Verhalten der als Schmelz auf der Oberfläche der Schuppen beschriebenen Rindensubstanz. Bei Behandlung eines Schnittes mit Natronlauge tritt die Kalkkruste schärfer hervor, nach der Schuppenbasis zu wird sie dünner und lässt sich von hier in die auf dem Corium liegende Basalmembran verfolgen, welche jetzt gleichfalls deutlicher erkannt wird. Lässt man Säuren auf einen Schnitt einwirken, so bleibt nach der Entkalkung ein die Papille überziehendes Häutchen zurück. An etwas weiter entwickelten Schuppenanlagen, liegt die Kalkkruste den obersten Zellen der Papille nicht unmittelbar auf, sondern zwischen beiden befindet sich noch eine dünne Lage einer homogenen in Carmin sich färbenden

Grundsubstanz (Taf. XII Fig. 7 *D* u. 10 *D*). Auch sie ist an der Spitze der Papille mächtiger entwickelt und kann man hier wahrnehmen, wie die ihr anliegenden Zellen mit feinen Spitzchen in sie hineinragen. Auf einer noch vorgerückteren Entwickelungsstufe (Taf. XII Fig. 5) hat diese Schicht an Dicke zugenommen und zeigt nun dieselbe Beschaffenheit wie das Dentin der fertigen Schuppe, enthält aber noch keine Kalksalze. Die sie überziehende Kalkkruste ist um Weniges stärker geworden. Wenn wir die Frage aufwerfen, welchem der an der ausgebildeten Schuppe beschriebenen Theile die Kalkkruste entspricht, so geht aus ihrer Lage so wie aus ihrer angeführten Beschaffenheit unzweifelhaft hervor, dass sie die erste Anlage des dünnen Schmelzüberzuges ist. Derselbe wird mithin von allen festen Schuppentheilen am frühesten gebildet. Ob die Kalkkruste auf ihrer Oberfläche noch von der vielleicht unverkalkt gebliebenen Basalmembran überzogen wird oder ob diese mit verkalkt ist, liess sich nicht entscheiden.

Veränderungen, welche zur Bildung der Basalplatte in Beziehung standen, haben zu dieser Zeit im Cutisgewebe noch nicht stattgefunden. Dagegen findet man in der Umgebung der Schuppenanlagen und dicht unter der Basalmembran jene oben erwähnten eigenthümlich umgestalteten Zellengruppen (Taf. XII Fig. 7, 10, 13 *e*), die am ausgewachsenen Thiere die Oberfläche der Basalplatten als lockeres Gewebe bedecken. Die Zellen sind hier 0,012 Mm. gross, besitzen eine deutlich doppelt contourirte Membran, einen runden Kern und einen ganz hellen flüssigen Inhalt. An der Entwickelung der Basalplatte haben sie keinen Antheil.

An älteren Embryonen (untersucht wurden ein Acanthias vulg. und ein Carcharias glaucus von 35 Cm. Länge) ragen die einzelnen Placoidschüppchen über die früher nahezu glatte Oberfläche des Integuments als Höcker hervor, sind aber noch in einen dicken Mantel von Epithelzellen eingehüllt, unter welchen sich auch Schleimzellen vorfinden. Das in jüngeren Stadien über den Schuppenanlagen gelegene hohe Cylinderepithel hat an Höhe bedeutend abgenommen. Dagegen kann man an den einzelnen Zellen immer noch den basalen homogenen glasig glänzenden Zellenabschnitt deutlich wahrnehmen (Taf. XII Fig. 4 *MS* u.). Bei dem Carchariasembryo fand ich an weit entwickelten Schuppen an Stelle des Cylinderepithels nur noch ein dünnes hexagonales Pflasterepithel auf ihrer Oberfläche vor. Die Zellen desselben, welche einen scharf umgrenzten Kern führen, sind im Durchschnitt 0,02 Mm. lang und 0,012 Mm. breit und stimmen hierin mit der Grösse

der zelligen Felder überein, die auf der Schuppenoberfläche ausgewachsener Thiere häufig beobachtet werden.

Die Placoidschuppen zeigen im Ganzen schon die Beschaffenheit wie beim ausgewachsenen Thiere. Die Pulpa dringt noch mit einem breiten schmal zulaufenden Fortsatz bis in die Spitze der Schuppe vor. In ihrer Mitte sind die früher unmittelbar zusammenliegenden Zellen durch neugebildete bindegewebige Zwischensubstanz getrennt und werden wahrscheinlich auch schon Blutgefässe in ihr anzutreffen sein. Die dicker gewordene Dentinrinde zeigt zahlreiche sich verästelnde Dentinröhrchen. Ihr innerer Rand ist auf einem Durchschnitt uneben und zeigt Einsprünge. Ihm liegen platte zum Theil langgestreckte Zellen, Osteoblasten vergleichbar, dicht angeschmiegt, von denen einige mit ihren Enden in die Einsprünge des Dentins hineinragen und mit feinen Fortsätzen in die Dentinröhrchen eindringen. Hie und da stehen sie mit tiefer gelegenen Zellen durch centrale Fortsätze in Verbindung. Eine von dem darunter liegenden Gewebe scharf gesonderte Lage bilden sie nicht. Da in der Haut stets jüngere und ältere Schuppen neben einander vorkommen, so findet man an denselben Embryonen bei Durchsicht von Schnitten auch Schuppen, wo die bis zur Spitze kegelförmig vordringende Pulpa durch eine Verdickung des Dentins in der Nähe der Basis in zwei Abschnitte getheilt ist, in einen unteren die Form der bleibenden Papille besitzenden Abschnitt und in einen oberen schmalen zipfelförmig zulaufenden. Derselbe entspricht in seiner Lage dem an der ausgebildeten Schuppe beschriebenen weiten Dentinrohr, welches von der Papille direct nach der Spitze des Schuppenstachels dringt, dessen Mitte es einnimmt. Bei Vergleichung einer grösseren Reihe von sagittalen Schuppendurchschnitten findet man, wie der obere Pulpazipfel immer schmäler wird, wie seine Zellen aus der Schuppenspitze sich weiter zurückziehen, wie die Einschnürung von dem unteren Pulpaabschnitt eine immer schärfere wird. Schliesslich sieht man an seiner Stelle von der gewölbten Papille eine weite Röhre entspringen, in deren Anfangstheil sich noch ein oder mehrere Odontoblasten vorfinden und von der seitlich in früher beschriebener Weise Dentinröhrchen abgehen. Halten wir diese entwickelungsgeschichtlichen Thatsachen mit den über den Inhalt des Dentinrohrs gemachten Angaben zusammen, so ergibt sich aus beiden, dass das Dentinrohr eine Fortsetzung der Schuppenhöhle ist und sein Inhalt eine Verlängerung der Schuppenpulpa. Hierdurch unterscheidet es sich von einem echten nur Zahnbein-

fasern enthaltenden Dentinröhrchen. Die Oberfläche des Dentins ist bei den oben genannten Embryonen von einer Rindenschicht bedeckt, welche dieselbe Dicke wie beim ausgewachsenen Thiere besitzt und durch eine gezackte Linie von der unterliegenden Substanz getrennt ist (Taf. XII Fig. 4. 5). Von ihrer Anwesenheit kann man sich einestheils an isolirten Schüppchen überzeugen, welche man durch Abschaben von der Cutis oder durch Erwärmen eines Hautstückchens in dünner Natronlauge sich verschaffen kann; andernseits auch an Durchschnitten durch vorsichtig entkalkte Haut. Die physikalischen und chemischen Eigenschaften dieser Substanz sind dieselben, welche für die Rindenschicht der ausgebildeten Schuppen gefunden wurden. Wenn man von den embryonalen Schuppen den Epidermisüberzug entfernt hat, so findet man auf der Oberfläche derselben bereits die hexagonale früher beschriebene Zeichnung. Auch lässt sich an entkalkten Schuppen auf Durchschnitten ein resistenteres Häutchen als Oberflächenbegrenzung der dünnen Rindenschicht wahrnehmen (Taf. XII Fig. 4 *MO*).

Aus diesen Thatsachen lassen sich 2 Schlüsse ziehen: 1) dass die zelligen Felder auf der Oberfläche alter Schuppen nicht die verhornten, erhalten gebliebenen Schmelzzellen selbst, sondern nur deren Abdrücke sind, da sie schon zu einer Zeit sich vorfinden, wo die Schuppe noch in einen dicken Zellenmantel gehüllt ist. 2) folgt hieraus, dass auch das Schmelzoberhäutchen nicht aus umgewandelten Zellen wie Kölliker und Waldeyer für das Schmelzoberhäutchen der Zähne angeben, zusammengesetzt sein kann, sondern dass es die unter den Schmelzzellen liegende persistente Basalmembran ist.

An den zur Untersuchung verwendeten Embryonen von Carcharias und Acanthias war an den Schuppen bereits eine dünne Basalplatte angelegt, so dass die ersten zu ihrer Entstehung führenden Vorgänge im Corium nicht beobachtet wurden. Die Basalplatten lassen sich im Zusammenhang mit dem Schuppenstachel isoliren, sind aber sehr dünn und zerbrechlich. An durch Zerzupfen isolirten Platten ragen aus dem ausgebuchteten verkalkten Rande einzelne Bindegewebsfasern hervor. In den Ausbuchtungen des Plattenrandes liegen dicht aneinander Zellen, welche einen epitheliumartigen Beleg desselben bilden.

An Durchschnitten durch entkalkte Haut (Taf. XII Fig. 10) sieht man das Dentin unmittelbar in die horizontal in den obersten Coriumlamellen ausgebreitete dünne homogene Placoidschuppenplatte übergehen. Der unteren und der oberen Fläche der-

selben, sowie ihrem freien Rande liegen kleine Zellen langgestreckt an. Diese sind Abkömmlinge der zwischen den Cutislamellen befindlichen Bindegewebszellen. Auf der Oberfläche der Platte liegt das aus Bindegewebsfasern, Bindegewebszellen und grossblasigen Zellen gebildete lockere Gewebe von dem schon mehrfach gesprochen wurde.

Hiermit schliesse ich die Aufzählung der an Embryonen über die Placoidschuppenentwickelung angestellten Beobachtungen und füge ihr noch eine kurze Notiz über Neubildung von Schuppen bei älteren Thieren bei. Gelegentlich findet man auf Durchschnitten zwischen ausgebildeten Placoidschuppen theils nur aus Zellen bestehende und von der Epidermis überkleidete kleine Papillen, theils weiter vorgeschrittene Entwickelungsstufen derselben. Auch hier sind es wieder unmittelbar unter der Basalmembran gelegene Zellen, durch deren lebhafte Theilung die anfangs nur aus Zellen bestehenden Papillen gebildet werden. Die über die Papille hinwegziehende unterste Epidermiszellenschicht betheiligt sich wieder an der Schuppenanlage durch bedeutende Höhenzunahme ihrer einzelnen Zellen.

Bei der regelmässigen Lagerung der Placoidschuppen im Integument muss auch der Nachwuchs in regelmässiger Weise erfolgen. Hiervon überzeugte ich mich, als ich von einem älteren Embryo die Oberhaut abzog. Bei schwacher Vergrösserung sah ich meist je eine kleine Papille zwischen vier ziemlich entwickelten Schuppen. Junge Papillengenerationen entstehen daher, wenn durch allseitiges Wachsthum des Integuments die alten Schuppen weiter auseinander gerückt sind, in den grösser gewordenen Zwischenräumen derselben.

Welche Schlüsse lassen sich aus den angeführten Beobachtungen über die Entwickelung der Placoidschuppen ziehen? — Wie wir gesehen haben, betheiligt sich an der Schuppenanlage von Anfang an sowohl die unmittelbar unter der Basalmembran als auch die unmittelbar über ihr gelegene Gewebsschicht, erstere durch lebhafte Zelltheilung und Bildung einer rein zelligen Papille, letztere durch bedeutende Grössenzunahme ihrer einzelnen Zellen und durch eine auch histologisch wahrnehmbare Differenzirung des Zelleninhaltes. Directe Beobachtungen haben gezeigt, dass von der obersten Zellenschicht der Papille das Dentin der Schuppe gebildet wird. Der aus dem mittleren Keimblatt hervorgehenden Zellenwucherung kommt daher, indem wir an die in der Zahnliteratur gebräuchlichen Namen anknüpfen, Bedeutung und Name eines Dentinkeims

und speciell der obersten Zellschicht die Bedeutung einer Odontoblastenschicht oder Membrana eboris zu. Nicht in gleicher Weise lässt sich für die aus dem oberen Keimblatt stammende hohe Cylinderzellenlage der directe Nachweis liefern, dass sie an der Bildung der Schuppe betheiligt ist. Eine Umwandlung der Zelle oder eine nähere Beziehung derselben zu irgend einem Schuppentheil wurde ja nicht beobachtet.

Wenn wir trotzdem der Cylinderzellenschicht den Namen einer Schmelzmembran beilegen, so bestimmen uns hierzu folgende Gründe. Wie wir sahen, wird der Schuppenstachel aus zwei Substanzen gebildet, 1) aus dem eigentlichen Dentin und 2) aus einer chemisch und physikalisch von ihm verschiedenen Rindenschichte. Wir haben dieselbe Schmelz genannt, weil sie mit dieser Substanz in ihren Eigenschaften am meisten übereinstimmt. Für die Entstehung dieser Schichte sind nach ihrer Lage von vornherein zwei Fälle denkbar. Entweder sie entsteht von den Zellen der Papille, von welchen wir auch das Dentin haben gebildet werden sehen, oder sie entsteht von den der Epidermis entstammenden Cylinderzellen. Für die erstere Annahme spricht keine Thatsache, wohl aber der Umstand gegen sie, dass alsdann von denselben Zellen in rascher Aufeinanderfolge zwei ganz verschiedene Producte, erst Schmelz dann Dentin gebildet würden, sowie ferner die Thatsache, dass die Schmelzschichte an Ausdehnung noch zunimmt, wo bereits unter ihr schon Dentin abgelagert ist. Für die zweite Möglichkeit indessen, für die Bildung des Schmelzes durch die von uns so genannte Schmelzmembran lassen sich verschiedene Erscheinungen anführen, die ohne diese Annahme unverständlich sein würden. Als solche bezeichnen wir die auffällige Betheiligung, welche von Anfang an die Epithelschicht an der Schuppenanlage nimmt. Wie wir sahen, nehmen ihre Zellen an Höhe continuirlich bis zu dem Moment zu, wo die erste Ablagerung erdiger Theile beginnt, und nehmen von da an wieder an Höhe ab, je mehr die Schuppe ihrer vollkommenen Ausbildung entgegen geht. Ferner sahen wir, wie gleichzeitig eine Umwandlung im Zelleninhalt sich bemerkbar machte. Alle diese Veränderungen werden uns allein verständlich, wenn wir in ihnen mit der Schmelzbildung in Zusammenhang stehende Vorgänge erblicken. Wir tragen daher kein Bedenken, der die Papille überkleidenden Cylinderzellenmembran die Bedeutung einer Schmelzmembran zuzuerkennen. Indem wir so für die Rindenschichte auf den Schuppen eine gleiche Entstehungsweise wie für den Schmelz der Zähne an-

zunehmen gezwungen sind, erblicken wir hierin ein weiteres wichtiges Moment, welches uns bestimmt, an der Identität der beiden die Oberfläche von Zahn und Schuppe bedeckenden Substanzen festzuhalten.

Wir haben jetzt noch die Bedeutung eines dritten Structurelements in der gesammten Schuppenanlage auseinanderzusetzen. Dentinkeim und Schmelzmembran werden, wie wir gezeigt haben, durch ein feines Häutchen von einander geschieden. Nach Entwickelung und Zusammenhang erwies sich dasselbe als ein Theil der zwischen Oberhaut und Corium liegenden Basalmembran. Nach seiner Lagerung müssen wir dasselbe mit der von Huxley zuerst beobachteten, von anderen Forschern vielfach geläugneten Membrana praeformativa des Zahnkeims für identisch erklären. Wie aus dieser nach Huxley das Schmelzoberhäutchen der Zähne, so entsteht aus der in der Schuppenanlage beschriebenen Membran späterhin das Schmelzoberhäutchen der fertigen Schuppe. Den Namen Membrana praeformativa ziehen wir für das Gebilde nicht in Anwendung; demselben einen besonderen Namen beizulegen halten wir überhaupt für überflüssig, da dasselbe nichts als die Basalmembran der Schmelzzellen ist.

Nachdem wir so die Bedeutung der einzelnen in die Zusammensetzung der gesammten Zahnanlage eingehenden Theile näher gewürdigt haben, bleibt die Frage zu beantworten, in welcher Art und Weise die Schuppensubstanzen sich gebildet haben. Auf die in der Histologie noch immer strittigen Punkte ob das Dentin „aus chemisch und formell umgewandelten Odontoblasten" entsteht (Umwandlungstheorie) oder durch einen Ausscheidungsprocess von einer als Matrix fungirenden Zellenschicht (Secretionstheorie) unterlasse ich es näher einzugehen, weil eine gründliche Klarlegung dieser Frage, die unsere Anschauung über die Entstehung der Zwischensubstanzen überhaupt und in weiterer Linie die ganze Auffassung des Zellenlebens berührt, weder an einem einzelnen Objecte noch so nebenbei gegeben werden kann. Nur das sei kurz erwähnt, dass gegen die Ausscheidungstheorie sprechende Beobachtungen von mir an diesen Objecten nicht gemacht wurden, wohl aber solche, welche wie die Schichtungsstreifen im Dentin sich mit der Umwandlungstheorie schwer vereinbaren lassen. Dagegen bedürfen die über die Entstehung des Schmelzes angeführ-Thatsachen einer näheren Beleuchtung. Wie bei der Dentinbildung so herrschen auch hier in Betreff des histologischen Processes zwei einander entgegengesetzte Ansichten. Nach der einen

entsteht der Schmelz durch Verirdung von Zellen, nach der andern ist er ein verkalkendes Ausscheidungsproduct von Zellen. Prüfen wir, welcher der beiden Theorien die hier vorliegenden Thatsachen am meisten günstig sind.

Für eine directe Umwandlung der Zellen in Schmelz lassen sich verschiedene Erscheinungen anführen; so die Beobachtung, dass die Cylinderzellen mit beginnender Schmelzbildung an Höhe continuirlich abnehmen, ferner die eigenthümlichen Veränderungen, welche gleichzeitig der Zelleninhalt erleidet, endlich die Zellenzeichnung auf der Schmelzoberfläche ausgebildeter Schuppen. Bei genauerer Prüfung wird man indessen sich überzeugen, dass diese Erscheinungen in gleicher Weise auch vom entgegengesetzten Standpunkt aus ihre Erklärung finden, und dass sie mithin keine Beweiskraft besitzen. Denn die Höhenabnahme der Cylinderzellen lässt sich mit gleichem Rechte auf einen Verbrauch von Zellenmaterial bei der Schmelzausscheidung zurückführen. Die zweite Thatsache aber — die eigenthümliche Umwandlung im Inhalt der Schmelzzellen verliert dadurch ihre Beweiskraft, dass wir weder einen Uebergang der metamorphosirten Zellenabschnitte in Schmelz noch eine Kalkablagerung in ihnen stattfinden sahen, was doch zu erwarten gewesen wäre. Wenn wir den Thatsachen keinen Zwang anthuen wollen, so können wir in dem unteren homogenen Theil der Schmelzzellen nur einen mit der Abscheidung des Schmelzes in innigem Zusammenhang stehenden metamorphosirten Zellenabschnitt erblicken; welcher Art aber dieser Zusammenhang ist, müssen wir nach den aufgefundenen Erscheinungen einstweilen dahingestellt sein lassen. Was endlich die dritte angeführte Thatsache, die Zellenzeichnung auf der Oberfläche der Schuppen anbetrifft, so darf dieselbe nicht als der Ausdruck einer zelligen Zusammensetzung des Schmelzes angesehen werden; vielmehr ist sie nur ein auf die Oberfläche beschränktes Sculpturverhältniss und als Abdruck von Zellen zu erklären. Mithin kann auch diese Erscheinung nicht im obigen Sinne verwerthet werden. Gegen eine Entstehung des Schmelzes aus umgewandelten Zellen und für seine Entstehung durch Abscheidung lassen sich hingegen einige schwerwiegende Thatsachen geltend machen, so der Mangel jedweder zelligen Zusammensetzung des ausgebildeten Schmelzes, hauptsächlich aber die Anwesenheit eines resistenteren Häutchens zwischen Schmelz und Schmelzmembran. Wir haben dasselbe auf allen Stufen der Schuppenentwickelung angetroffen und nachgewiesen, dass es die Basalmembran der Schmelzzellen selbst ist und dass

es schliesslich in das Schmelzoberhäutchen der fertigen Schuppen sich umwandelt. Da nun unter ihm die Schmelzbildung stattfindet, so kann dieselbe durch keine Zellumwandlung, sondern einzig und allein durch Ausscheidung erklärt werden. Hierfür spricht auch die Thatsache, dass isolirte Schuppen auf allen Stufen ihrer Entwickelung eine vollkommen spiegelglatte Oberfläche besitzen.

Ueber die Rolle, welche die Basalmembran hierbei spielt, lässt sich zur Zeit nichts Bestimmtes aussagen und hängt dies hauptsächlich damit zusammen, dass unsere Kenntnisse von der Entwickelung und dem Bau der Basalmembranen so ungenügende sind. Indessen ist die Thatsache, dass die Schmelzablagerung unter einer Basalmembran erfolgt, nicht so befremdend, wenn wir bedenken, dass ja die Ernährung der Oberhaut auch durch sie hindurch stattfinden muss und dass die membrana propria der Drüsen für deren so regen Stoffwechsel auch kein Hinderniss abgiebt.

Die für die Entwickelung der Placoidschuppen aufgefundenen Thatsachen lassen sich jetzt zu folgendem Endergebniss zusammenfassen.

Die Placoidschuppen entstehen aus einer Anlage, die von 2 Gewebsarten gebildet wird: 1) von einem dem mittleren Keimblatt entstammenden eine Papille liefernden Keimgewebe (Dentinkeim) und 2) von einem dem oberen Keimblatt entstammenden Epithelialüberzug (der Schmelzmembran). Von den 3 festen Schuppensubstanzen entsteht zuerst der Schmelz als ein Ausscheidungsproduct der Schmelzmembran. Die Basalmembran der Schmelzzellen wird hierbei zum späteren Schmelzoberhäutchen. In zweiter Reihe entsteht das Dentin als Ausscheidungsproduct der die Oberfläche der Papille bedeckenden Zellen, welche zum Theil mit Ausläufern in die gebildete Substanz hineindringen (Odontoblasten). In einem dritten noch weiter zurückliegenden Stadium endlich wird das die Basalplatte zusammensetzende Cement durch eine Verknöcherung von Bindegewebslagen gebildet und hierdurch die Befestigung des Schuppenstachels im Integument herbeigeführt.

Zweiter Theil.

In gleicher Weise, wie wir den Bau und die Entwickelung der Placoidschuppen einer eingehenderen Untersuchung unterworfen haben, werden wir uns in dem zweiten Haupttheil der vorliegenden Arbeit mit dem Bau und der Entwickelung der Selachierzähne beschäftigen. Auch hier ist eine ausführlichere Darstellung erforderlich, da unser Gegenstand keine genauere Bearbeitung in den letzten Decennien gefunden hat und daher unsere jetzigen Kenntnisse fast ausschliesslich auf den Angaben Owen's noch beruhen. Bei der Beschreibung der einzelnen Theile der Zähne und ihrer Entwickelung werden wir jedesmal durch eine kurze Vergleichung festzustellen suchen, in wie weit die Gewebe der Selachierzähne in Bau und Entwickelung mit den Geweben der Placoidschuppen und der Zähne der höheren Thiere übereinstimmen und in welcher Weise vorkommende Differenzen zu beurtheilen sind.

Wir beginnen mit dem Bau der Zähne und beschreiben zunächst deren Verbreitung in der Mundschleimhaut.

I. Bau der Zähne.

In der Mundschleimhaut der Selachier kommen nebeneinander zweierlei Arten von Zähnen vor. Die eine Art ist nicht auf einzelne Stellen der Mundhöhle beschränkt, sondern findet sich gleichmässig über die Schleimhaut bis zum Beginn des Oesophagus verbreitet vor. Die Zähnchen sind von sehr geringer Grösse. Sie gleichen in ihrer Form und auch in ihrem histologischen Bau vollkommen den im Integument beschriebenen Placoidschuppen mit dem Unterschiede vielleicht, dass ihre Schmelzschichte etwas stärker entwickelt ist. In der Schleimhaut sind sie ziemlich locker befestigt und stehen viel weiter von einander ab, als die eng aneinander gefügten Placoidschuppen.

Derartige Zähnchen beobachtete ich in der Mund- und Rachenhöhle, sowie auch auf der die Kiemenbogen überziehenden Schleimhaut von Hexanchus und Acanthias. In wie weit sie auch bei den übrigen Plagiostomen verbreitet sind, wurde von mir nicht untersucht. Nach Leydig[1]) kommen sie ausser bei Hexanchus auch noch bei Raja clavata vor, wurden dagegen bei Scyllium und

1) Leydig, Beiträge zur mikroskop. Anat. u. Entwickelung d. Rochen u. Haie.

Scymnus von ihm nicht angetroffen. Hier sollen sie durch warzen- oder auch fadenförmige unverkalkte Papillen ersetzt sein, welche dieselbe dreispitzige Gestalt wie die Zähne dieser Thiere besitzen und überhaupt vollkommene Zähne darstellen würden, wenn sie wie diese mit einer Kappe von Kalksalzen überzogen wären.

Die zweite Art Zähne ist auf den Ober- und Unterkiefer beschränkt und weicht von der erst genannten Art meist durch ihre viel bedeutendere Grösse und Formverschiedenheit nicht unerheblich ab. Die Zähne sind in zahlreichen Reihen hintereinander auf den Kieferbogen aufgepflanzt und bilden in ihrer Gesammtheit ein starkes und furchtbares Gebiss. Mit den verkalkten Knorpeln gehen sie bekanntlich keine Verbindung ein, sondern sind allein in der den Kieferbogen überziehenden Schleimhaut mit ihrer Basis befestigt. Ihre Abnutzung, welche in Folge dieser lockeren Befestigungsweise sehr rasch eintritt, wird durch eine sehr lebhaft und reichlich erfolgende Neubildung von Zähnen vollkommen wieder ausgeglichen. Durch Anpassung an verschiedene Lebensweise ist ihre Grösse und Form bei den verschiedenen Arten und oft an ein und demselben Thiere an Ober- und Unterkiefer eine äusserst mannigfaltige. Bald sind sie pflasterförmig und klein (Mustelus, Rochen), bald kegelförmig und zugespitzt, bald breit und schneidend. In Owen's Odontography sind diese Verschiedenheiten ausführlich zusammengestellt und verweisen wir auf die betreffenden Abschnitte.

Da die zuerst beschriebenen über die ganze Mundschleimhaut verbreiteten Zähnchen wie gesagt Placoidschuppen völlig gleichen, so werden wir uns im folgenden nur mit dem Bau und der Entwickelung der auf den Kieferbogen stehenden Zähne befassen.

Nach Owen, welcher die gründlichsten und umfassendsten Untersuchungen angestellt hat, wird der Haifischzahn nur von einer der 3 Zahnsubstanzen der höheren Thiere (Dentin, Schmelz, Cement) und zwar nur von Dentin gebildet. In ihm unterscheidet er zwei Arten von Kanälen, grössere blutgefässführende (canaux medullaires) und kleinere, die eigentlichen Zahnbeinröhrchen (canaux calcigères), welche von erstern entspringen. Durch die Art der Vertheilung dieser Kanäle und durch die geringe oder grössere Härte der Grundsubstanz entstehen nach Owen 3 Arten von Zahnbein, welche sich meistens bei demselben Zahn gleichzeitig vorfinden. Den inneren Theil des Zahnbeins, welcher die grösseren Blutgefässkanäle und von diesen ausstrahlende Dentinröhrchen enthält, nennt er Vasodentin oder Vascular Dentin. Auf dem-

selben liegt nach Aussen zu eine Schichte der zweiten Modification des Zahngewebes, das einfache Dentin, welches nur Zahnröhrchen (tubes calcigères) enthält, die meist einander parallel nach der Peripherie verlaufen. Die dritte Modification des Zahnbeins endlich, welche sich bei Haien noch findet und die oberflächlichste Schicht des Zahns bildet, ist das Vitrodentin. In ihm verlaufen äusserst feine Kanälchen nahe bei einander und ganz parallel. Zwischen ihm und dem einfachen Dentin befindet sich oft eine Lage zelliger Räume (cellules calcigères), von denen einerseits die feinen Dentinröhrchen der äussersten Lage entspringen und in welche andernseits zum Theil die Röhrchen des einfachen Dentins einmünden sollen. Das Vitrodentin bildet auf der Oberfläche des Zahnes einen sehr harten, durchscheinenden, schmelzartigen Ueberzug. Owen hebt von ihm besonders hervor, dass man es nicht für wahren Schmelz noch für das Product eines besonderen Organs, wie dies früher fälschlicher Weise geschehen sei, betrachten dürfe. Das Vitrodentin weiche nur durch seinen grösseren Gehalt an erdigen Bestandtheilen und durch die feinere Vertheilung derselben in der organischen Grundlage, sowie durch den mehr parallelen Verlauf seiner Röhrchen vom gewöhnlichen Dentin ab. Aber es sei durch dieselbe Matrix entwickelt und das Resultat der Verkalkung der äusseren Lage derselben, mithin der zuerst gebildete Theil des Zahns.

Den Angaben Owen's über Mangel einer Schmelzschichte an den Plagiostomenzähnen pflichten spätere Beobachter bei. So erklärt Leydig: Eine eigene Schmelzschichte existire nicht, obwohl der Rand des Zahnes, da er dünner sei, eine andere Lichtbrechung habe, als der dickere Theil und sich daher optisch so von ihm abgrenze, als ob eine eigene Schmelzschichte da wäre, allein diese peripherische Schichte sei von gleicher Beschaffenheit wie das übrige Zahnbein [1]). Auch Kölliker findet bei Fischen anstatt echten Schmelzes eine dichtere Lage von Elfenbein, in der Kanälchen entweder nur undeutlich zu sehen seien oder überhaupt fehlen sollen [2]).

Nach unseren Untersuchungen werden die Zähne der Plagiostomen in gleicher Weise wie die Placoidschuppen, aus verschiedenen Substanzen zusammengesetzt.

1) Leydig, Beiträge zur mikrosk. Anat. und Entwickelung der Rochen u. Haie.

2) Kölliker, Mikrosk. Anat. II, 2 S. 113.

Den Haupttheil des Zahns bildet das Dentin oder Zahnbein. Bei den meisten Haien enthält dasselbe anstatt einer einfachen centralen Pulpa ein Gewebe, welches von Owen als Vasodentin bezeichnet worden ist. In einer homogenen verkalkten Grundsubstanz verlaufen grosse Kanäle, die mehr oder minder netzförmig unter einander zusammenhängen, Bindegewebe, Blutgefässe und Odontoblasten enthalten und an der Zahnbasis an mehreren Stellen mit der Cutis in Verbindung stehen. In die Grundsubstanz strahlen von ihnen feine, sich verästelnde Dentinröhrchen aus. Nach Aussen geht das Vasodentin ohne bestimmte Grenzen in das gewöhnliche Dentin, welches die Rinde des Zahnes bildet, über. Die Röhrchen des letzteren entspringen an Stelle der Pulpa von den Blutgefässe führenden netzförmig verzweigten Kanälen des ersteren und verlaufen dicht nebeneinander und ziemlich parallel bis nahe zur Oberfläche. Bei Scymnus Lichia sind sie im Durchschnitt in der Nähe des Ursprungs 0,02 Mm. breit. Auf ihrem Wege verlieren sie wenig an Durchmesser, hängen oft durch starke Nebenäste und durch zahlreiche feinere Anastomosen unter einander zusammen und bilden hierdurch ein ziemlich dichtes Netzwerk.

Bei einer geringeren Anzahl von Haifischarten findet sich, wie bei den höheren Wirbelthieren, in der Mitte des Zahnes eine Pulpahöhle. Als Beispiel mögen die kleinen höckerartigen Zähne von Mustelus laevis dienen, welche sowohl in ihrer äusseren Form als auch entsprechend in ihrem inneren Bau am meisten mit manchen Formen von Hautstacheln übereinstimmen. Da sie unser hauptsächlichstes Untersuchungsobject gewesen sind, so geben wir von der Beschaffenheit ihres Zahnbeins eine besondere Schilderung (Taf. XII. Fig. 8).

Die Pulpahöhle des Zahnes von Mustelus besitzt eine etwas unregelmässige Gestalt, nach der Basis des Zahnes zu ist sie verschmälert und hängt hier nicht durch einen einfachen Fortsatz, sondern durch eine Anzahl kleinerer netzförmig sich verbindender Kanäle mit der Cutis zusammen. Von der Oberfläche der Pulpa entspringt eine grössere Anzahl starker durchschnittlich 0,02 Mm. breiter Zahnröhren, die sich baumförmig unter beständiger Abnahme ihres Kalibers nach der Peripherie zu verästeln. Durch stärkere und feinere Anastomosen hängen ihre Aeste besonders in den äusseren Theilen des Dentins, wo dieselben sehr dünn sind, unter einander zusammen. Die Grundsubstanz des Dentins ist nicht vollständig homogen, sondern zeigt auf Durchschnitten abwechselnd hellere und dunklere Streifen, welche die Contouren der

Papille ziemlich genau wiederholen und besonders deutlich hervortreten, wenn der Schnitt zuvor in Carmin gefärbt wurde. Alsdann erscheinen die Streifen abwechselnd hell- und dunkelroth (Taf. XIII Fig. 8 *h*). Am schärfsten sind sie unmittelbar in der Umgebung der Papille wahrzunehmen, wo sie am schmalsten sind; nach der Zahnperipherie zu werden sie verschwommener, indem sie an Breite bis zu 0,02 Mm. continuirlich zunehmen. In der Nähe der Oberfläche sind sie ganz verschwunden. So sehen wir hier ein Structurverhältniss sehr deutlich ausgeprägt, welches minder deutlich bei der Untersuchung der Placoidschuppen uns bereits entgegengetreten war. Aehnliche Streifungen, wie die beschriebenen, sind auch im Dentin höherer Thiere [1]) beobachtet und Contourlinien benannt worden. Namentlich im Zahnbein der Schlangen zeichnet und beschreibt Leydig [2]) sehr deutlich zahlreiche „Schichtungsstreifen, welche als Wiederholungslinien des Umrisses der Papille eine Art dutenförmige Zusammensetzung des Zahns offenbaren.“ Existenz und Bedeutung dieses Structurverhältnisses ist in der Neuzeit ein Gegenstand der Controverse geworden. Da man nämlich bei den höheren Thieren im Zahnbein sehr häufig Linien, welche durch Biegungen im Laufe der Zahnröhrchen hervorgerufen werden, vorfindet, so hat man auf dieser Thatsache fussend von verschiedenen Seiten das Vorkommen von Schichtungsstreifen ganz in Abrede gestellt oder wenigstens behauptet, dass man aus solchen Streifen nicht auf einen lamellösen Bau des Dentins schliessen dürfe (Waldeyer [3])). Namentlich hat Kollmann [4]) in einer sehr umfassenden Arbeit den Nachweis zu liefern gesucht, dass Contourlinien nur durch Biegungen und Knickungen parallel verlaufender Zahnbeinröhrchen hervorgerufen würden und dass die Curven der Zahnbeinröhrchen aus Druckschwankungen im Wachsthum des Zahns zu erklären seien. Wenn im Zahnbein keine Röhrchen sich befänden, meint Kollmann, so würde wohl jede Veranlassung fehlen für eine schichtenweise Lagerung in die Schranken zu treten. Dem Angeführten gegenüber machen wir ausdrücklich darauf aufmerksam, dass im Zahnbein der Selachier von einer Verwechselung der von uns beschriebenen Streifen mit solchen, die durch Schlängelungen der Zahnbeinröhr-

1) Kölliker, Lehrbuch der Histologie.

2) Leydig, Die Zähne einheimischer Schlangen u. s. w. Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. IX.

3) Waldeyer, Stricker's Handbuch der Gewebe.

4) Kollmann, Zeitschr. für wissenschaftl. Zoologie. Band 23 Heft 3.

chen veranlasst sein könnten, bei der baumförmigen Verästelung der letzteren und bei dem sparsamen Auftreten derselben in den centralen Partieen des Zahns, gar nicht die Rede sein kann. Ausserdem verweist noch die verschiedene Färbung der Streifen in Carmin, besonders auf feinere Differenzen in der Beschaffenheit des Zahnbeins. Es müssen demnach die von uns beschriebenen Contourlinien auf eine Stufe mit den geschichteten Höfen gestellt werden, welche sich so häufig um Knorpelzellen vorfinden und die man Knorpelkapseln genannt hat. Beide Bildungen sind in gleicher Weise der Ausdruck einer feineren Structur der Grundsubstanz und lassen sich nur aus der Art des Wachsthums derselben erklären. Der einzige Unterschied zwischen beiden Bildungen beruht darin, dass in dem einen Falle nur eine einzelne Zelle allseitig um sich Grundsubstanz bildet, in dem anderen Falle eine Zellenlage gemeinsam auf ihrer Oberfläche, daher nur nach einer Richtung ein organisirtes Ausscheidungsproduct liefert. Für die hier beschriebenen mit dem Wachsthum der Grundsubstanz in directer Beziehung stehenden Streifen schlagen wir zur Unterscheidung von den durch Knickungen der Dentinröhrchen verursachten Linien, den auch von Leydig gebrauchten Namen Schichtungsstreifen vor. Mit demselben Namen könnte man gleichfalls die Kapseln oder Höfe um die Knorpelzellen belegen.

Im geschichtlichen Theil dieses Abschnittes ist bereits erwähnt worden, dass bei den Selachiern die oberflächliche Partie des Zahnbeins verschiedene Eigenthümlichkeiten zeigt und von Owen daher als eine besondere Modification des Zahnbeins unter dem Namen Vitrodentin beschrieben worden ist (Taf. XIII Fig. 4. 5. 7. 8). Um zu einem sicheren Urtheil über die Natur dieses Gewebes zu gelangen, werden wir seine Eigenschaften in physikalischer, chemischer und morphologischer Beziehung einer eingehenderen Prüfung unterwerfen.

In seinen physikalischen Eigenschaften zeichnet sich das sogenannte Vitrodentin vor dem einfachen Dentin durch seine grössere Härte und Festigkeit, durch die vollkommen glatte und durchaus schmelzähnliche Beschaffenheit seiner Oberfläche aus. Es ist sehr spröde und springt daher leicht beim Schleifen von dem darunter liegenden Zahnbein ab. Das Licht bricht es weit stärker als letzteres, wie man namentlich auf Schliffen erkennt. Eine derartig ckarakterisirte besondere Rindenschichte besitzt nur der aus dem Integument frei hervorragende Theil des Zahns.

In chemischer Beziehung tritt eine grosse Verschiedenheit

zwischen Dentin und Vitrodentin in ihrem Verhalten gegen Säuren hervor. Namentlich ist die Einwirkung der Salzsäure in stärkeren und schwächeren Lösungen sehr lehrreich. Während das Dentin bei der Entkalkung nahezu unverändert bleibt, gehen im Vitrodentin eine Reihe von charakteristischen Veränderungen vor sich. In sehr schwach angesäuertem Wasser verliert es mit dem Auszug der Kalksalze vollkommen seine Transparenz, es wird milchweiss und lässt sich mit der Nadel in Brocken vom durchscheinenden Zahnbein abheben. Bei längerer Einwirkung auch von sehr schwach angesäuerter Flüssigkeit geht diese trübe Beschaffenheit bald wieder verloren; die milchweise Rindensubstanz hellt sich auf, und wird vollkommen durchsichtig. In einem dritten Stadium der Säureeinwirkung endlich löst sich allmählig die Rindensubstanz bis auf einen geringen Rückstand ganz auf, so dass nun das noch wohl erhaltene Zahnbein nackt zu Tage liegt. Die Auflösung des Vintrodentins erfolgt sehr rasch in stark mit Salzsäure versetztem Wasser. Einen Einblick in die Art und Weise wie diese Auflösung erfolgt, kann man dadurch gewinnen, dass man einen dünnen Schliff unter dem Mikroskop in sehr schwach angesäuertem Wasser langsam entkalkt. Die Rindenschichte zerfällt dann nach Entfernung der Kalksalze in lauter kleine cubische, fettig glänzende Stückchen, welche oft in Säulen zur Oberfläche angeordnet sind. Diese runden sich nach und nach ab; die so entstehenden Kügelchen werden kleiner und kleiner, indem von der Oberfläche aus ihre Substanz gleichsam wegschmilzt. Es bleibt schliesslich nur ein geringer Rest einer ganz durchsichtigen, feinkörnigen Substanz zurück und auch diese löst sich, wenn man noch concentrirtere Salzsäure einwirken lässt, fast ganz auf. Um bei der Entkalkung von Zähnen, die organischen Bestandtheile der Rindenschichte zu erhalten, ist es in gleicher Weise, wie wir dies für die Entkalkung der Placoidschuppen empfohlen haben, zweckmässig, die Salzsäure nicht mit Wasser, sondern mit verdünntem Spiritus zu versetzen. Die Einwirkung der Säure wird hierdurch ermässigt; sie wird fast völlig aufgehoben, wenn man an Stelle von verdünntem absoluten Alcohol nimmt. Ein ähnliches Verhalten zeigt die Rindenschichte gegen starke Chromsäurelösungen.

Ausser den angeführten physicalischen und chemischen Verschiedenheiten besitzt endlich das als Vitrodentin beschriebene Gewebe auch noch einige sehr charakteristische morphologishe Unterschiede vom Dentin. Auf einem Schliffe erscheint es wie dieses homogen (Taf. XIII 4 u. 7); nach vorsichtiger in der ge-

schilderten Weise vorgenommener Entkalkung indessen zeigt es einen feinfaserigen Bau. Die Fasern lassen sich isolirt darstellen, wenn man von einem in Spiritus mit Salzsäure langsam entkalkten Zahne die milchweise Substanz auf der Oberfläche abstreift (Taf. XIII Fig. 2). Am besten nimmt man hierzu Unterkieferzähne von Scymnus Lichia, deren schneidender Rand mit kleinen nur aus Vitrodentin bestehenden und zur Untersuchung daher vorzüglich geeigneten Zäckchen besetzt ist. Dieselben zerfallen beim Zerzupfen oder Klopfen auf das Deckglas in einzelne, kleine, 0,004 Mm. breite Bündel. Diese bestehen wieder aus lauter feinen parallel angeordneten Nadeln oder Fasern, die sich zum Theil bei längerem Zerzupfen auch isolirt darstellen lassen. Die Enden der Nadeln sind zugespitzt und ragen aus den Bündeln vereinzelt hervor. Bei Zusatz von verdünnter Salzsäure zur Untersuchungsflüssigkeit unter dem Deckgläschen zerfallen die Bündel in fett glänzende Stückchen, die allmählig in der schon beschriebenen Weise wegschmelzen und nach ihrer Auflösung nur einen geringen feinkörnigen Rückstand übrig lassen. Auf Schnitten durch vorsichtig entkalkte Zähne sieht man die Fasern zur Oberfläche meist senkrecht stehen, zuweilen aber auch schräg geneigt verlaufen. An den Schnittpräparaten findet man auch Stellen, wo die Nadelbündel wahrscheinlich in Folge stärkerer Einwirkung der Salzsäure in unregelmässige durch die Spirituseinwirkung krümlig erscheinende Stückchen zerfallen sind. Diese liegen hintereinander aufgeschichtet und sind durch schmale hellere Zwischenräume von einander getrennt (Taf. XIII Fig. 1).

Nachdem wir in dem geschilderten faserigen Bau das hauptsächlichste morphologische Unterscheidungsmerkmal zwischen Dentin und Vitrodentin kennen gelernt haben, bleiben nur noch einige Structurverhälnisse untergeordneterer Art von ihm zu erwähnen übrig. Auf seiner Oberfläche wird das sogenannte Vitrodentin von einer festen Membran (Taf. XIII Fig. 1. 5. 8) bedeckt, welche man an vorsichtig macerirten Zähnen mit der Nadel abziehen und isoliren kann. Sie zeichnet sich besonders durch ihre Widerstandsfähigkeit gegen die verschiedensten Reagentien aus. So löst sie sich weder noch erleidet sie überhaupt eine beträchtlichere Veränderung in kalter wie in erwärmter Natronlauge und widersteht in gleicher Weise einer concentrirten Salzsäurelösung. Sie stimmt hierin mit dem Schmelzoberhäutchen der Säugethierzähne überein, von welchem Kölliker in seiner Histologie gleiche Eigenschaften angiebt. Bei mikroskopischer Betrachtung konnte ich auf der

Oberfläche der Membran weder eine zellige Zeichnung noch auch Spuren von Kernen wahrnehmen. Auf Schnitten zeigt die Membran doppelte Contouren, doch findet man sie meist in Fetzen von der Zahnoberfläche abgehoben.

Die untere Begrenzung der Rindenschichte nach dem Dentin zu ist sowohl auf Schliffen als auch besonders auf Schnitten deutlich zu erkennen und findet mithin keineswegs ein allmähliger Uebergang, wie Owen beschreibt, zwischen beiden Substanzen statt. Die Trennungslinie beider ist nirgends glatt, sondern in hohem Grade unregelmässig (Taf. XIII Fig. 7. 8. 4. 5. 6 λ). Die Oberfläche des Dentins ist nämlich mit lauter Zacken besetzt und diese sind wieder feiner ausgefasert. Am besten erkennt man diese Oberflächenbeschaffenheit des Dentins an in Carmin gefärbten Schnitten, an denen durch Einwirkung stärkerer Salzsäurelösung die Rindenschichte zum Theil oder ganz gelöst worden ist. Wenn die Ausfaserung sehr tief und fein ist, wie z. B. an den schneidenden Rändern oder an den Spitzen der Unterkieferzähne von Scymnus Lichia, so gibt die Grenzgegend ein ziemlich verworrenes und je nach der Richtung des Schnittes oder Schliffes etwas verschiedenartiges Bild, indem man Querschnitte von Zacken oder deren Fasern als vom übrigen Zahnbein anscheinend losgelöste Stückchen mitten in der Rindensubstanz antrifft.

Ein weiteres Structurelement der Rindenschichte bilden zahlreiche feine Röhrchen (Taf. XIII Fig. 4. 5. 7. 8). Sie sind sowohl an Schliffen als dunkle mit Luft erfüllte Kanälchen, als auch mit gleicher Deutlichkeit an Schnitten durch entkalkte Zähne als feinste Röhrchen mit einer besonderen festeren Wandung wahrzunehmen. Sie sind die Fortsetzungen und die feinsten Endästchen der Zahnbeinröhrchen. Bei Mustelus laevis verlaufen sie parallel und dicht neben einander bis zur festen Grenzmembran der Oberfläche. Wie sie dort endigen, vermag ich nicht anzugeben. Bei Scymnus Lichia zeigt die verhältnissmässig mächtiger entwickelte Rindenschichte besonders an den zugeschärften und mit Zacken besetzten Seitenrändern der grossen Unterkieferzähne complicirtere Verhältnisse (Taf. XIII Fig. 7). Hier findet man nämlich an der Grenze von Zahnbein und Rindenschichte in letzterer ausser den Röhrchen noch dicht beieinander kleine Höhlräume, die von Owen als cellules calcigères bereits beschrieben worden sind. Weiter nach Aussen kommen sie nur vereinzelt und seltner vor und fehlen ganz in den oberflächlichsten Lagen. Da die Hohlräume an getrockneten Zähnen Luft führen, so bilden sie an dickeren Schliffen

einen dunklen Streifen zwischen Zahnbein und hellerer Rindenschichte. In ihrer Gestalt sind die Hohlräume sehr unregelmässig, oft langgestreckt, oft kuglig, oft tief ausgezackt (Taf. XIII Fig. 7 *z*); im Allgemeinen kann man sie, was ihre Form betrifft, mit Knochenkörperchen vergleichen. Untereinander hängen sie durch ein Netzwerk von gröberen und feineren Ausläufern zusammen. Die Zahnbeinröhren, welche bis zur Dentingrenze eine ansehnliche Stärke beibehalten haben, treten mit ihrem Ende oder mit Seitenästen von unten in sie ein, zum Theil dringen sie aber auch mit feinsten Endröhrchen in grader Richtung direct bis zur Zahnoberfläche vor. Von dem peripheren Ende der knochenkörperartigen Höhlräume gehen gleichfalls Ausläufer aus, die ihre feinen Endzweige bis zur Oberfläche schicken. In den oberflächlichen Lagen der Rindenschichte sind die Röhrchen sehr fein und verlaufen alle einander mehr oder minder parallel und in ziemlich gleichen Abständen von einander. Hierdurch entsteht ein Bild, als bestände die oberflächlichste Schichte des Zahns aus aneinander gereihten Säulen oder Prismen. Was den Inhalt der vorhin erwähnten Hohlräume betrifft, so bemerkte ich an entkalkten und in Carmin gefärbten Schnitten nur eine feinkörnige Substanz in denselben, aber keine Zellkerne. Wahrscheinlich werden in ihnen die in den Zahnbeinkanälchen verlaufenden Ausläufer der Odontoblasten (Pseudopodien vergleichbar) zusammenfliessen und so Protoplasmaanhäufungen bilden, von denen dann weiter Fädchen in die Röhrchen der Rinde ausstrahlen.

Nachdem wir in den vorhergegangenen Blättern ein ziemlich vollständiges Bild von den Eigenschaften und dem Bau der Rindenschichte der Selachierzähne erhalten haben, drängt sich uns die Frage auf, welcher der Substanzen vom Zahn der höheren Thiere dieselbe entspricht? Bei Berücksichtigung aller angeführten Thatsachen können wir nicht eine besondere Modification des Dentins, wie es Owen that, in ihr erblicken, vielmehr geht aus Allem ihre Schmelznatur klar genug hervor. Zu den schon bei Beurtheilung der Rindenschichte auf den Placoidschuppen geltend gemachten Gründen, in welchen wir die physicalische und chemische Uebereinstimmung hervorgehoben haben, hommt hier noch als weiteres für die Schmelznatur der Rindenschichte sprechendes dem morphologischen Bau entlehntes Moment ihre Zusammensetzung aus deutlich wahrnehmbaren Fasern oder Schmelznadeln. Zwar können dieselben wegen ihrer grossen Feinheit nicht ohne Weiteres als den Schmelzprismen der Säugethierzähne entsprechende

Structurelemente aufgefasst werden; dagegen scheinen sie mir Theilen von Prismen, nämlich feinsten Fasern gleichwerthig zu sein, in welche auch die Prismen der Säugethierzähne bei geeigneter Behandlung sich zerspalten lassen, wie ich aus einigen in der Literatur vorgefundenen Angaben schliessen zu dürfen glaube. So erwähnt Wenzel in seinen Untersuchungen über das Schmelzorgan und den Schmelz [1]), dass an jungen Schmelzprismen des Schweins sich ausser den Querstreifen auch feine zum Theil sehr deutliche Längsstreifen vorgefunden hätten und dass bei Isolationsversuchen die Prismen leicht in verschieden geformte, oft zugespitzte Fasern zersplittert wären. An einer andern Stelle beschreibt er, wie bei Isolation der Schmelzprismen von einem alten Pferdezahn, der mehrere Tage in sehr verdünnter Salzsäure gelegen, er „ausser sehr schön quer gestreiften und sehr fein längsgestreiften Prismen auch sehr viele feine, beiderseits zugespitzte längere oder kürzere; gerade Nadeln von Schmelz gefunden hätte.“ Er vermuthet, dass die letzteren „durch den Zerfall der Prismen ihren Längsstreifen entsprechend entstanden sind.“ Nach diesen Beobachtungen und nach dem Verhalten des Schmelzes an den Selachierzähnen, glaube ich, wird die oben ausgesprochene Vermuthung von einer noch weiteren Spaltbarkeit der Schmelzprismen von Säugethierzähnen gerechtfertigt erscheinen und zu einer weiteren Prüfung dieses Gegenstandes auffordern. Wahrscheinlich wird sich dann auch die Uebereinstimmung, welche im chemischen und physicalischen Verhalten zwischen Schmelz und Vitrodentin herrscht, auf den histologischen Bau beider noch weiter ausdehnen lassen.

Ein Punkt bedarf jetzt noch einer näheren Erklärung, nämlich die Frage, ob das Vorkommen von Röhrchen in der Rindenschichte einen Grund gegen die Schmelznatur derselben abgeben kann. Owen wenigstens scheint hauptsächlich hierdurch mit bestimmt worden zu sein, da er vorzugsweise nur Schliffe untersucht hat, in der Rindenschichte eine besondere Modification des Dentins zu erblicken. Für uns kann nun den anderweiten Thatsachen gegenüber diese Erscheinung nicht den geringsten Grund abgeben, irgendwie an der Schmelznatur der Rindenschichte zu zweifeln. Dies wird aber noch weniger der Fall sein, wenn wir sehen, dass das hier geschilderte Eindringen von Dentinröhrchen in den

1) Wenzel, Untersuchungen über das Schmelzorgan und den Schmelz. Archiv d. Hlkde 1868.

Schmelz als Schmelzröhrchen keine bei den Selachiern vereinzelt dastehende Erscheinung ist. So beschreibt Tomes[1]), dass bei den Beutelthieren im Schmelz der Zähne Kanälchen Fortsetzungen der Zahnbeinröhrchen in ebenso reicher Entwickelung als im Dentin selbst vorkommen. Wie bei Scymnus Lichia, so erweitern sich nach ihm die Zahnbeinröhrchen bei Makropus giganteus, wenn sie in den Schmelz eingetreten sind, sogar „in mehr oder weniger ovale oder konische Zellen, aus denen sie dann ihren Lauf weiternehmen und in zarten Schlängelungen dem Laufe der Schmelzprismen folgen“[2]). Das Eindringen von Dentinröhrchen in den Schmelz auf eine kleine Strecke hat Tomes[3]) weiter noch bei einzelnen Nagethieren, Sciurus erythropus bei Jerboa Aegypteus, fernerhin Spitzmäusen, Hyrax und gelegentlich auch beim Menschen beobachtet. Für den Menschen und manche Säugethiere bestätigt auch Kölliker das Vorkommen von Schmelzröhrchen und zeichnet in einer Abbildung in seinem Handbuch der Gewebelehre auch ein Eindringen derselben in grössere Höhlungen[4]).

Entsprechend der Beurtheilung der Rindenschichte des Zahns als Schmelzschichte werden wir auch das auf seiner Oberfläche nachgewiesene Häutchen als Schmelzoberhäutchen bezeichnen.

Ueber die histologische Beschaffenheit des in der Schleimhaut festsitzenden unteren Theils des Zahnes können wir uns kurz zusammenfassen (Taf. XIII Fig. 8 *C*). Derselbe zeigt in gleicher Weise, wie wir dies für die Basalplatten der Placoidschuppen beschrieben haben, eine Verbindung einer homogenen Grundsubstanz mit bindegewebigen Elementen. Bei Mustelus laevis ist sogar auch die Basis des Zahnes plattenartig wie bei den Placoidschuppen verbreitert. In die homogene Grundsubstanz derselben dringen Bindegewebsbündel in horizontaler und verticaler Richtung ein und

1) Tomes, Philosophical Transactions of the royal society. Jahrg. 1849. Seite 404.

2) Nebenbei sei hier noch erwähnt, dass nach Tomes auch die Schmelzprismen in den Zähnen der meisten Beutelthiere so innig vereint sind, dass ihre Individualität verloren gegangen ist und man daher die Durchmesser nicht bestimmen kann; wieder eine Thatsache, die auch im Schmelz der Selachierzähne angetroffen wurde.

3) Tomes, Philos. Trans. 1850. B. II.

4) Waldeyer und Hertz läugnen zwar ein Eindringen der Zahnbeinröhrchen in den Schmelz; doch erscheinen die Gründe, aus welchen Waldeyer vermuthet, dass Tomes und Kölliker durch Trugbilder sich hätten täuschen lassen, namentlich den Abbildungen Tomes gegenüber wenig gerechtfertigt.

kreuzen und durchflechten sich in derselben. Zellen kommen in diesem Gewebe selbst nicht vor, dagegen finden sich an der Unterseite der Platte zwischen den Bindegewebsbündeln sternförmige Zellen, welche mit kurzen Ausläufern eine Strecke weit in den Fuss des Zahns eindringen. Wir betrachten dieses Gewebe als ein Homologon des Zahncements der höheren Thiere, von welchem es allein durch die Abwesenheit von eingeschlossenen Zellen (Knochenkörperchen) unterschieden ist. Wie geringfügig dieser Unterschied ist, geht aus der weiten Verbreitung von Knochen ohne Knochenkörperchen bei niederen Thieren hervor. In dem Mangel von Zellen erklicken wir demgemäss nur eine niedrigere Entwicklungsstufe des Cements.

Die Weichtheile des Zahnes, den Inhalt der Pulpa und der Dentinröhrchen habe ich allein bei Mustelus laevis untersucht. Man erkennt hier zweierlei Arten von Zellen in der Pulpa. Die eine Art besitzt kleine runde oder unregelmässig gestaltete Kerne, die von etwas körnigem Protoplasma umgeben werden und deren durchschnittliche Grösse 0,004 Mm. beträgt. Die sô beschaffenen Zellen liegen besonders in den mittleren Theilen der Pulpa haufenweise beisammen (Taf. XIII Fig. 8 und 11 *y*) und gehören dem Bindegewebe derselben an. Auf der Oberfläche der Papille schmiegen sie sich plattenartig ausgebreitet dem Zahnbein an und scheinen hier etwas grössere Kerne zu besitzen. Die zweite Art von Zellen zeichnet sich durch sehr grosse ovale Kerne von 0,016 Länge und 0,006 Breite aus (Taf. XII Fig. 8 und 11 *x* und Fig. 12). Sie finden sich nur in den oberflächlichen Theilen der Papille, wo sie locker neben und zu mehreren hintereinander liegen, gewöhnlich aber in Haufen um die Mündungen grösserer Dentinröhren gruppirt sind. Bindegewebszellen mit kleinen Kernen liegen mitten zwischen ihnen. Um den ovalen mit dem einen Pol der Zahnoberfläche zugerichteten Kern bemerkt man etwas Protoplasma, von dem man in günstigen Fällen einen sehr langen feinen peripheren Ausläufer entspringen und in ein Dentinrohr eindringen sieht. Auch centrale Fortsätze glaube ich an einigen bemerkt zu haben. Diese zweite Art Pulpazellen gleicht in ihrer Form und durch den Besitz langer in das Dentin eindringender Ausläufer vollkommen den Odontoblasten in den Zähnen höherer Thiere. Sie weichen von ihnen nur darin ab, dass sie entsprechend der besonderen Ursprungs- und Verlaufsweise der Dentinröhren zerstreut liegen und nicht nebeneinander stehend zu einer Art von Cylinderepithel angeordnet sind.

Schmelz als Schmelzröhrchen keine bei den Selachiern vereinzelt dastehende Erscheinung ist. So beschreibt Tomes[1]), dass bei den Beutelthieren im Schmelz der Zähne Kanälchen Fortsetzungen der Zahnbeinröhrchen in ebenso reicher Entwickelung als im Dentin selbst vorkommen. Wie bei Scymnus Lichia, so erweitern sich nach ihm die Zahnbeinröhrchen bei Makropus giganteus, wenn sie in den Schmelz eingetreten sind, sogar „in mehr oder weniger ovale oder konische Zellen, aus denen sie dann ihren Lauf weiternehmen und in zarten Schlängelungen dem Laufe der Schmelzprismen folgen"[2]). Das Eindringen von Dentinröhrchen in den Schmelz auf eine kleine Strecke hat Tomes[3]) weiter noch bei einzelnen Nagethieren, Sciurus erythropus bei Jerboa Aegypteus, fernerhin Spitzmäusen, Hyrax und gelegentlich auch beim Menschen beobachtet. Für den Menschen und manche Säugethiere bestätigt auch Kölliker das Vorkommen von Schmelzröhrchen und zeichnet in einer Abbildung in seinem Handbuch der Gewebelehre auch ein Eindringen derselben in grössere Höhlungen[4]).

Entsprechend der Beurtheilung der Rindenschichte des Zahns als Schmelzschichte werden wir auch das auf seiner Oberfläche nachgewiesene Häutchen als Schmelzoberhäutchen bezeichnen.

Ueber die histologische Beschaffenheit des in der Schleimhaut festsitzenden unteren Theils des Zahnes können wir uns kurz zusammenfassen (Taf. XIII Fig. 8 *C*). Derselbe zeigt in gleicher Weise, wie wir dies für die Basalplatten der Placoidschuppen beschrieben haben, eine Verbindung einer homogenen Grundsubstanz mit bindegewebigen Elementen. Bei Mustelus laevis ist sogar auch die Basis des Zahnes plattenartig wie bei den Placoidschuppen verbreitert. In die homogene Grundsubstanz derselben dringen Bindegewebsbündel in horizontaler und verticaler Richtung ein und

1) Tomes, Philosophical Transactions of the royal society. Jahrg. 1849. Seite 404.

2) Nebenbei sei hier noch erwähnt, dass nach Tomes auch die Schmelzprismen in den Zähnen der meisten Beutelthiere so innig vereint sind, dass ihre Individualität verloren gegangen ist und man daher die Durchmesser nicht bestimmen kann; wieder eine Thatsache, die auch im Schmelz der Selachierzähne angetroffen wurde.

3) Tomes, Philos. Trans. 1850. B. II.

4) Waldeyer und Hertz längnen zwar ein Eindringen der Zahnbeinröhrchen in den Schmelz; doch erscheinen die Gründe, aus welchen Waldeyer vermuthet, dass Tomes und Kölliker durch Trugbilder sich hätten täuschen lassen, namentlich den Abbildungen Tomes gegenüber wenig gerechtfertigt.

kreuzen und durchflechten sich in derselben. Zellen kommen in diesem Gewebe selbst nicht vor, dagegen finden sich an der Unterseite der Platte zwischen den Bindegewebsbündeln sternförmige Zellen, welche mit kurzen Ausläufern eine Strecke weit in den Fuss des Zahns eindringen. Wir betrachten dieses Gewebe als ein Homologon des Zahncements der höheren Thiere, von welchem es allein durch die Abwesenheit von eingeschlossenen Zellen (Knochenkörperchen) unterschieden ist. Wie geringfügig dieser Unterschied ist, geht aus der weiten Verbreitung von Knochen ohne Knochenkörperchen bei niederen Thieren hervor. In dem Mangel von Zellen erklicken wir demgemäss nur eine niedrigere Entwicklungsstufe des Cements.

Die Weichtheile des Zahnes, den Inhalt der Pulpa und der Dentinröhrchen habe ich allein bei Mustelus laevis untersucht. Man erkennt hier zweierlei Arten von Zellen in der Pulpa. Die eine Art besitzt kleine runde oder unregelmässig gestaltete Kerne, die von etwas körnigem Protoplasma umgeben werden und deren durchschnittliche Grösse 0,004 Mm. beträgt. Die sô beschaffenen Zellen liegen besonders in den mittleren Theilen der Pulpa haufenweise beisammen (Taf. XIII Fig. 8 und 11 *y*) und gehören dem Bindegewebe derselben an. Auf der Oberfläche der Papille schmiegen sie sich plattenartig ausgebreitet dem Zahnbein an und scheinen hier etwas grössere Kerne zu besitzen. Die zweite Art von Zellen zeichnet sich durch sehr grosse ovale Kerne von 0,016 Länge und 0,006 Breite aus (Taf. XII Fig. 8 und 11 *x* und Fig. 12). Sie finden sich nur in den oberflächlichen Theilen der Papille, wo sie locker neben und zu mehreren hintereinander liegen, gewöhnlich aber in Haufen um die Mündungen grösserer Dentinröhren gruppirt sind. Bindegewebszellen mit kleinen Kernen liegen mitten zwischen ihnen. Um den ovalen mit dem einen Pol der Zahnoberfläche zugerichteten Kern bemerkt man etwas Protoplasma, von dem man in günstigen Fällen einen sehr langen feinen peripheren Ausläufer entspringen und in ein Dentinrohr eindringen sieht. Auch centrale Fortsätze glaube ich an einigen bemerkt zu haben. Diese zweite Art Pulpazellen gleicht in ihrer Form und durch den Besitz langer in das Dentin eindringender Ausläufer vollkommen den Odontoblasten in den Zähnen höherer Thiere. Sie weichen von ihnen nur darin ab, dass sie entsprechend der besonderen Ursprungs- und Verlaufsweise der Dentinröhren zerstreut liegen und nicht nebeneinander stehend zu einer Art von Cylinderepithel angeordnet sind.

Schmelz als Schmelzröhrchen keine bei den Selachiern vereinzelt dastehende Erscheinung ist. So beschreibt Tomes[1]), dass bei den Beutelthieren im Schmelz der Zähne Kanälchen Fortsetzungen der Zahnbeinröhrchen in ebenso reicher Entwickelung als im Dentin selbst vorkommen. Wie bei Scymnus Lichia, so erweitern sich nach ihm die Zahnbeinröhrchen bei Makropus giganteus, wenn sie in den Schmelz eingetreten sind, sogar „in mehr oder weniger ovale oder konische Zellen, aus denen sie dann ihren Lauf weiternehmen und in zarten Schlängelungen dem Laufe der Schmelzprismen folgen“[2]). Das Eindringen von Dentinröhrchen in den Schmelz auf eine kleine Strecke hat Tomes[3]) weiter noch bei einzelnen Nagethieren, Sciurus erythropus bei Jerboa Aegypteus, fernerhin Spitzmäusen, Hyrax und gelegentlich auch beim Menschen beobachtet. Für den Menschen und manche Säugethiere bestätigt auch Kölliker das Vorkommen von Schmelzröhrchen und zeichnet in einer Abbildung in seinem Handbuch der Gewebelehre auch ein Eindringen derselben in grössere Höhlungen[4]).

Entsprechend der Beurtheilung der Rindenschichte des Zahns als Schmelzschichte werden wir auch das auf seiner Oberfläche nachgewiesene Häutchen als Schmelzoberhäutchen bezeichnen.

Ueber die histologische Beschaffenheit des in der Schleimhaut festsitzenden unteren Theils des Zahnes können wir uns kurz zusammenfassen (Taf. XIII Fig. 8 *C*). Derselbe zeigt in gleicher Weise, wie wir dies für die Basalplatten der Placoidschuppen beschrieben haben, eine Verbindung einer homogenen Grundsubstanz mit bindegewebigen Elementen. Bei Mustelus laevis ist sogar auch die Basis des Zahnes plattenartig wie bei den Placoidschuppen verbreitert. In die homogene Grundsubstanz derselben dringen Bindegewebsbündel in horizontaler und verticaler Richtung ein und

1) Tomes, Philosophical Transactions of the royal society. Jahrg. 1849. Seite 404.

2) Nebenbei sei hier noch erwähnt, dass nach Tomes auch die Schmelzprismen in den Zähnen der meisten Beutelthiere so innig vereint sind, dass ihre Individualität verloren gegangen ist und man daher die Durchmesser nicht bestimmen kann; wieder eine Thatsache, die auch im Schmelz der Selachierzähne angetroffen wurde.

3) Tomes, Philos. Trans. 1850. B. II.

4) Waldeyer und Hertz längnen zwar ein Eindringen der Zahnbeinröhrchen in den Schmelz; doch erscheinen die Gründe, aus welchen Waldeyer vermuthet, dass Tomes und Kölliker durch Trugbilder sich hätten täuschen lassen, namentlich den Abbildungen Tomes gegenüber wenig gerechtfertigt.

kreuzen und durchflechten sich in derselben. Zellen kommen in diesem Gewebe selbst nicht vor, dagegen finden sich an der Unterseite der Platte zwischen den Bindegewebsbündeln sternförmige Zellen, welche mit kurzen Ausläufern eine Strecke weit in den Fuss des Zahns eindringen. Wir betrachten dieses Gewebe als ein Homologon des Zahncements der höheren Thiere, von welchem es allein durch die Abwesenheit von eingeschlossenen Zellen (Knochenkörperchen) unterschieden ist. Wie geringfügig dieser Unterschied ist, geht aus der weiten Verbreitung von Knochen ohne Knochenkörperchen bei niederen Thieren hervor. In dem Mangel von Zellen erklicken wir demgemäss nur eine niedrigere Entwicklungsstufe des Cements.

Die Weichtheile des Zahnes, den Inhalt der Pulpa und der Dentinröhrchen habe ich allein bei Mustelus laevis untersucht. Man erkennt hier zweierlei Arten von Zellen in der Pulpa. Die eine Art besitzt kleine runde oder unregelmässig gestaltete Kerne, die von etwas körnigem Protoplasma umgeben werden und deren durchschnittliche Grösse 0,004 Mm. beträgt. Die sô beschaffenen Zellen liegen besonders in den mittleren Theilen der Pulpa haufenweise beisammen (Taf. XIII Fig. 8 und 11 *y*) und gehören dem Bindegewebe derselben an. Auf der Oberfläche der Papille schmiegen sie sich plattenartig ausgebreitet dem Zahnbein an und scheinen hier etwas grössere Kerne zu besitzen. Die zweite Art von Zellen zeichnet sich durch sehr grosse ovale Kerne von 0,016 Länge und 0,006 Breite aus (Taf. XII Fig. 8 und 11 *x* und Fig. 12). Sie finden sich nur in den oberflächlichen Theilen der Papille, wo sie locker neben und zu mehreren hintereinander liegen, gewöhnlich aber in Haufen um die Mündungen grösserer Dentinröhren gruppirt sind. Bindegewebszellen mit kleinen Kernen liegen mitten zwischen ihnen. Um den ovalen mit dem einen Pol der Zahnoberfläche zugerichteten Kern bemerkt man etwas Protoplasma, von dem man in günstigen Fällen einen sehr langen feinen peripheren Ausläufer entspringen und in ein Dentinrohr eindringen sieht. Auch centrale Fortsätze glaube ich an einigen bemerkt zu haben. Diese zweite Art Pulpazellen gleicht in ihrer Form und durch den Besitz langer in das Dentin eindringender Ausläufer vollkommen den Odontoblasten in den Zähnen höherer Thiere. Sie weichen von ihnen nur darin ab, dass sie entsprechend der besonderen Ursprungs- und Verlaufsweise der Dentinröhren zerstreut liegen und nicht nebeneinander stehend zu einer Art von Cylinderepithel angeordnet sind.

Die netzförmig verzweigten Mark oder Haversischen Kanäle (Taf. XII Fig. 8 *H*) der Zahnbasis sind wie die Pulpa mit beiderlei Zellenarten gefüllt und konnte ich hier öfters in Kanälen, die uur wenige Zellen enthielten, lange Fortsätze von einzelnen Odontoblasten schön isolirt auf weite Strecken verfolgen. Auf Taf. XIII Fig. 12 sind solche Zellen abgebildet. Als Inhalt der grösseren Dentinröhren kann man Protoplasmafäden und vereinzelte zellige Bestandtheile unterscheiden. In ein einzelnes Rohr dringt von der Papillenoberfläche von den daselbst gruppenweise beisammenliegenden Odontoblasten ein ganzes Bündel von Protoplasmafäden ein und verleihen ihm ein deutlich gestreiftes Aussehen. Nachdem sie gemeinschaftlich eine Strecke in demselben zurückgelegt haben, vertheilen sie sich auf die einzelnen von ihm entspringenden Nebenästchen. Ausser diesen Protoplasmafäden und zwischen ihnen findet man in den grösseren Dentinröhren noch beide Arten von Zellen vor, welche wir schon als Bestandtheile der Pulpa beschrieben haben (Taf. XIII Fig. 8 u. 11 *α* Fig. 10 *α*). Odontoblasten liegen nur hie und da sehr vereinzelt in dem weiten Anfangstheil eines Dentinrohrs neben den vorbeiziehenden Ausläufern der an der Mündung liegenden Odontoblastengruppe. Weiter verbreitet ist die andere Art der kleinkernigen Bindegewebszellen (Taf. XIII Fig. 8. 9. 11 u. 13 *β*). Diese finden sich auch noch in den grösseren Seitenästen der von der Pulpa entspringenden Dentinröhren. Sie bilden Protoplasmaanhäufungen mit einer Anzahl sehr kleiner 0,003 Mm. grosser Kerne. Entweder folgen sie dem Verlaufe der Zahnbeinfasern, oder sie bilden eine membranartige Bekleidung der Röhrenwand auf kurze Strecken. Besonders häufig bemerkt man sie an der Gablungsstelle eines sich theilenden Rohres. Durch diese zelligen Bestandtheile charakterisiren sich die von der Pulpa entspringenden Röhren und ihre stärkeren Nebenäste als Theile und Fortsätze der Pulpahöhle. Erst die von diesen sich abzweigenden feineren Röhrchen, welche nur Fasern enthalten, sind eigentliche Dentinröhrchen und den im Zahnbein höherer Thiere sich vorfindenden Kanälchen homolog.

Wenn wir das über den Bau der Selachierzähne Gesagte kurz zusammenfassen, so gelangen wir zu einem Endergebniss, welches im Grossen und Ganzen mit dem bei der Untersuchung der Placoidschuppen erhaltenen völlig übereinstimmt. W i e d i e P l a c o i d s c h u p p e , s o b e s t e h t a u c h d e r f e s t e T h e i l d e s Z a h n s a u s 3 G e w e b e n : a u s D e n t i n , S c h m e l z u n d C e m e n t. In seinem Inneren enthält er entweder eine einfache mit der Pulpa

erfüllte Höhle, oder an Stelle derselben ein Blutgefässe und Zellen führendes Kanalnetz. Sowohl die festen als auch die weichen Zahngewebe zeigen in ähnlicher Weise wie die Placoidschuppen, eine Reihe von Eigenthümlichkeiten, welche sie von den gleichen Theilen der höheren Thiere in mancher Beziehung unterscheiden und sie als besondere Modificationen und niedrigere Entwickelungsstufen derselben erscheinen lassen. So unterscheidet sich das Dentin der Selachierzähne von dem der Säugethiere durch die Vertheilung und baumförmige Verästelung und durch die auffallenden Grössendifferenzen seiner Röhren und Röhrchen, sowie ferner meist auch durch den Mangel einer besonderen Pulpahöhle und durch den dieselben ersetzenden Besitz blutgefässführender Kanäle. Der Schmelz der Selachierzähne charakterisirt sich als eine besondere Modification des Zahnschmelzes durch den Mangel deutlich unterscheidbarer Prismen und durch das Auftreten zahlreicher bei den Säugethieren in geringerem Maasse entwickelter Schmelzröhrchen in ihm. Das Cement endlich erscheint als eine niedrigere Entwickelungsform des Cements am Zahn der Säugethiere dadurch, dass es keine Knochenkörperchen enthält. Die Pulpa, wo sie vorkömmt, unterscheidet sich durch den Mangel einer epithelartigen Anordnung der Odontoblasten, einer Elfenbeinmembran (Membrana eboris).

II. Entwickelung der Zähne.

Indem wir uns jetzt zur Entwickelung der genannten Zahngewebe wenden, lassen wir der Mittheilung unserer Beobachtungen wieder ein kurzes Resumé von den Untersuchungen älterer Beobachter vorausgehen. Die ausführlichsten Angaben verdanken wir auch hier den Arbeiten Owen's. Dieser beschreibt, wie bei jungen Haifischembryonen beim ersten Anblick die Kiefer zahnlos erscheinen, an der inneren Seite des Ober- und Unterkiefers aber dem Rande derselben parallel eine tiefe Furche sich zeigt. Dieselbe soll sich zwischen der den Kieferknorpel überziehenden dünnen und glatten Membran und einer ihr aufliegenden Schleimhautfalte befinden. Wenn man letztere zurückschlägt, soll man sehen, wie ihre vordere Lamelle an der Basis des Kiefers mit der den Knorpel bekleidenden Membran zusammenhängt. Auf dieser sollen in der so gebildeten ziemlich tiefen Rinne die Zähne aus freien Papillen in mehreren Reihen hintereinander entstehen; die Spitzen der Zähne sollen nach rückwärts nach dem Grund der Grube zu gerichtet sein und in kleinen Aushöhlungen oder Futteralen der

ihnen aufliegenden Schleimhautfalte stecken. Aus den Futteralen sieht man die Zahnspitzchen beim Zurückschlagen der Falte, welche Owen dieser Verrichtung wegen Deckmembran nennt, herausschlüpfen. Die ältesten Zahnanlagen liegen nach Owen dem Kieferrand am nächsten, die jüngsten dagegen im Grunde der Rinne. Bei starker Vergrösserung untersucht, sollen die noch nicht ossifizirten Papillen aus Zellen in einem klaren Cytoblastem bestehen und von einer häutigen durchsichtigen Membran bedeckt sein. Mit einer Ablagerung erdiger Theile in dieser Membran soll die Bildung des Zahnbeins beginnen und zwar soll aus ihrer Umwandlung das schmelzartig glänzende und sehr feste Vitrodentin entstehen. Wie Owen, so giebt auch Leydig und Kölliker an, dass sich die Zähne bei den Plagiostomen in Furchen der Kieferränder auf freien Papillen entwickeln, ohne je in Zahnsäckchen eingeschlossen zu werden. Aus dieser Thatsache erklären sie den Mangel von Schmelz auf den Haifischzähnen.

Nach der gegebenen Darlegung der Angaben anderer, wende ich mich zu meinen eigenen Beobachtungen, welche in den meisten Punkten zu ganz abweichenden Ergebnissen geführt haben.

Um die Entwickelung der Zähne von Anfang an zu verfolgen muss man zu noch jüngeren Embryonen greifen als zur Beobachtung der Schuppenbildung erforderlich waren. Der jüngste zur Untersuchung dienende Embryo war ein 8 Cm. langer Acanthias vulgaris, der noch äussere Kiemen besass. Bei der Betrachtung eines losgelösten Kiefers bei schwacher Vergrösserung sieht man nahe seinem Aussenrande zwei Furchen einander parallel verlaufen. Die äussere und tiefere Furche liegt an der Aussenseite des Kieferknorpels und trennt ihn von der Lippe, einer weit vorspringenden Hautfalte. Die innere Furche dagegen ist sehr flach und liegt an der Innenseite des Kiefers. Wir werden sie in Uebereinstimmung mit der in der Säugethierzahnliteratur gebräuchlichen Terminologie Zahnfurche nennen. Zähnchen oder deren Anlagen sind in derselben nicht wahrzunehmen. Durch Anfertigung senkrechter Durchschnitte durch den Kiefer erhalten wir weitere Aufschlüsse. Wie auf Taf. XIII Fig. 16 dargestellt ist, dringt von dem Boden der flachen Zahnfurche eine Epithelwucherung in das den Kieferknorpel überziehende embryonale Bindegewebe. Zu ihrer Aufnahme ist der Kieferknorpel in seinem oberen Theile tief ausgekehlt und stark verdünnt. Die Epithelwucherung besitzt auf einem senkrechten Durchschnittsbild die Form eines leicht gekrümmten Zapfens oder Kolbens. Auf einer Reihe von Durchschnitten erhalten

wir stets dasselbe Bild. Es folgt hieraus, dass, wenn wir uns die Form der Epithelwucherung körperlich vorstellen, nicht gesonderte Zapfen, sondern eine zusammenhängende Epithelleiste an der Innenseite des Kiefers von dem Boden der Zahnfurche in die Tiefe dringt. Durch Anfertigung horizontaler Schnitte durch den Kiefer kann man sich noch weiterhin leicht von dieser Form der Epithelwucherung direct überzeugen. Die der Schleimhaut zunächst liegenden Zellen der Leiste sind prismatisch und bilden eine einschichtige zusammenhängende Lage, welche die directe Fortsetzung der untersten prismatischen Zellenschicht des Schleimhautepithels ist. Wie dieses werden sie auch durch eine Basalmembran von dem unterliegenden Bindegewebe getrennt. Das Innere der Leiste wird von dünnen und platten Epithelzellen ausgefüllt. An der Aussenseite dieser Leiste, also mitten im Schleimhautgewebe und nicht in einer Rinne als freie Papillen entstehen bei etwas älteren Embryonen die Zahnanlagen (Taf. XIII Fig. 14). Die gegebene Beschreibung weicht von den mitgetheilten Untersuchungen von Owen, Leydig und Kölliker ab, welche an Stelle der von uns beobachteten Epithelleiste an der Innenseite des Kieferknorpels eine tiefe Furche und eine hohe Schleimhautfalte als Deckmembran auf den jüngsten Zahnanlagen beschrieben haben. Die genannten Schriftsteller haben ein Kunstprodukt bei der Untersuchung geschaffen und beschrieben, indem sie die Epithelleiste in zwei Hälften zerrissen haben, wahrscheinlich um die jungen Zähnchen zu erblicken. Wie nahe war Owen in der Erkennung des wirklichen Sachverhaltes, als er beschrieb, wie er die Falte vom Kiefer weggezogen und die Zähnchen aus Gruben und Futteralen derselben habe herausschlüpfen sehen. Es ist in der Erkenntniss der Entwickelung der Selachierzähne wie mit der Entwickelung der Säugethierzähne zugegangen. Auch hier sollten zunächst freie Papillen in einer tiefen Scheimhautfurche nach Goodsir entstehen, bis zuerst Kölliker die wahren Verhältnisse aufdeckte.

Ueber die Entstehung der einzelnen Zahnanlagen an der Aussenseite der Epithelleiste (Taf. XIII Fig. 14) und über die Bildung der verschiedenen Zahngewebe können wir uns ziemlich kurz fassen, weil von hier ab die Entwickelung der Zähne jener der Placoidschuppen vollkommen gleicht. Nur bei den Stadien, die uns hier für die Beurtheilung der Entstehung der Zahngewebe überzeugendere Bilder geliefert haben, werden wir etwas länger verweilen.

Wie die Placoidschuppenanlage, so entsteht die Anlage der

Zähne gleich von Anfang an unter Betheiligung zweier Zellenarten, von denen die eine epithelialer Natur ist und dem oberen Keimblatt entstammt, während die andere dem mittleren Keimblatt angehört. An der Aussenseite der Epithelleiste bildet sich zunächst durch Wucherung unter der Basalmembran liegender Zellen ein kleiner Hügel. Derselbe setzt sich gegen das embryonale Schleimhautgewebe, weil dieses sehr zellenreich ist, nicht so scharf ab, wie wir dies für die Schuppenanlage beschrieben haben. Gleichzeitig hat die über den Hügel ziehende Epithelzellenschicht etwas an Höhe zugenommen. Die beiden Theile der Zahnanlage belegen wir mit denselben Namen, welche wir bereits für gleiche Theile der Schuppenanlage eingeführt haben. Den Zellenhügel werden wir daher fortan Dentinkeim, die ihn überziehende Epithellage Schmelzmembran nennen. Der unter der Schmelzmembran liegenden dünnen structurlosen Haut den Namen membrana praeformativa zu geben, wie es die für die Entwickelung der Säugethierzähne gebräuchliche Terminologie erfordern würde, unterlassen wir und halten an dem Namen Basalmembran fest. Denn einestheils drückt derselbe am besten die Beziehungen, Wesen und Herkunft des Häutchens aus, anderntheils vermeiden wir dadurch einen schlecht gewählten Ausdruck, der schon zu manchen Streitigkeiten unter den Histologen geführt hat. Die Basalmembran ist hier meist nicht mit der Deutlichkeit, wie an einer Schuppenanlage wahrzunehmen; von ihrer Anwesenheit kann man sich indessen durch Behandlung eines Schnittes mit Natronlauge vollkommen sicher überzeugen, indem hierbei die Membran schärfer hervortritt. Besonders anzuempfehlen ist es den Concentrationsgrad der Natronlauge während der Anwendung durch Wasserzusatz mehrfach zu verändern.

Bei der Weiterentwickelung wuchert der Dentinkeim in Form einer Papille in die Epithelleiste hinein. Dabei ist seine Spitze nach der Basis des Kieferknorpels hin gerichtet. Ueber einer völlig entwickelten Papille bildet die Schmelzmembran ein prächtiges Cylinderzellenepithel von 0,03 Mm. Höhe mit sehr grossen im peripheren Ende der Zellen gelegenen Kernen. Unter peripherem Ende der Schmelzzelle verstehe ich hierbei den von der Basalmembran abgewandten und dem Inneren der Epithelleiste zugekehrten Abschnitt, unter Basis der Schmelzzelle aber den der Basalmembran aufsitzenden Theil. Ich muss dies erwähnen, weil man in der Säugethierzahnliteratur die Bezeichnungen umgetauscht hat. Hand in Hand mit der Grössenzunahme der Schmelzzellen ist auch

in ihrem Inhalt jene schon bei der Schuppenanlage beschriebene Differenzirung in einen basalen homogeneren in Carmin sich nicht färbenden, und in einen peripheren protoplasmareicheren Abschnitt eingetreten. Die glasig glänzende Beschaffenheit des ersteren tritt indessen hier weniger hervor.

Anmerkung. Die Veränderungen, welche wir im Inhalt der Schmelzzellen sowohl der Schuppen als auch der Zahnanlage von Haifischen beschrieben haben, sind von einer Anzahl Beobachter auch an den Schmelzzellen der Zahnanlage von Säugethieren beobachtet, aber verschieden gedeutet worden. Um das von uns Gesehene mit anderweit bekannt Gewordenem in Beziehung zu setzen, stelle ich die bezüglichen Angaben hier kurz zusammen. So beschreibt HERTZ[1]), dass man an Chromsäurepräparaten sehr oft zwischen den Schmelzprismen und Zellen eine mehr homogene helle schmale Zone antrifft. Diese helle Zone, welche die Schmelzzelle von dem Prisma zu trennen scheint, glaubt er als einen von dem übrigen stark körnigem Inhalt chemisch differenten Theil der Schmelzzellen auffassen zu müssen, als eine Vorbereitungsstufe des dem ausgebildeten Schmelz zunächst gelegenen Theiles des Zellenprotoplasma für den späteren Verkreidungsprocess. Die praeformirte Schicht soll in die einzeln nebeneinander liegenden Zellen verschieden tief herabgreifen. Aehnliche differente Abschnitte schildert WENZEL[2]): „Das Schmelzende der Zellen ist blasser und homogener geworden: oft hängen an diesem Ende Stückchen von Schmelz oder ein anders das Licht brechender, kurzer Aufsatz. In Chromsäure aufbewahrt, zeigen die Zellen am Schmelzende deutlicher die anders das Licht brechende Zone (wenn sie vorhanden ist) und diese setzt sich bald ohne, bald mit ziemlich scharfer Grenze gegen den übrigen Zellkörper ab. Mitunter sieht man auch einen hellen, wie Schmelz glänzenden Streif an der Seitenfläche der Schmelzzellen eine kurze Strecke abwärts gehen. Bisweilen gelingt es, an ganz frischen Schmelzorganen auf der Mosaik der Cylinderzellen ein das Licht stärker brechendes, homogenes Netzwerk zu erhalten, dessen Fäden den Grenzen der Schmelzzellen entsprechen."

KOLLMANN[3]) beschreibt den differenzirten Abschnitt als Membran. Nach ihm besitzen die Zellen sehr dicke Seitenmembranen. Auch an ihrem freien, d. h. dem Dentin zugekehrten Ende sollen sie eine Membran besitzen, die an Deutlichkeit nichts zu wünschen übrig lasst und die er Deckel der Schmelzzellen nennt. Die Deckel sollen mit dem Schmelz sehr fest verklebt sein. Auch KÖLLIKER bestätigt, dass vom Schmelz abgehobene Zellen an ihrem freien Ende ein verschiedenes Verhalten zeigen und zwar häufig grössere oder kleinere helle Auflagerungen von derselben Breite wie die Zellen besitzen. Er hält sie für Kunsterzeugnisse, d. h. für zufällig losgerissene Theile noch unausgebildeter Schmelzfasern.

Alle Beobachter, scheint es, haben dasselbe Structurverhältniss vor Augen gehabt, welches von uns (besonders deutlich an den Schmelzzellen der Schuppen-

1) VIRCHOW's Archiv Bd. 37 S. 294.

2) Untersuchungen über Schmelzorgan und Schmelz. Inaugural-Diss. Leipzig 1867. S. 7. Archiv d. Hlkde. 1868.

3) KOLLMANN, Sitzungsberichte d. Münch. Acad. 1869. Ueber das Schmelzoberhäutchen oder die Membr. praeformativa.

anlage der Haifische) auf Schnitten beobachtet worden ist. In ihren Deutungen weichen sie aber sehr von einander ab. Die Auffassung von Hertz stimmt am meisten mit der von uns bereits früher vorgetragenen überein, insofern er nämlich auch einen behufs der Schmelzbildung chemisch different gewordenen Zellenabschnitt in den veränderten Theilen erblickt. Dagegen weichen wir von ihm darin ab, dass wir keine Umwandlung der Zellen in den Schmelz, sondern eine Ausscheidung desselben durch die formative Thätigkeit der Zellen annehmen. Vielleicht tragen die mitgetheilten Thatsachen und die beigefügten Bilder zur Klärung dieses in der Zahnentwickelung der Säugethiere noch streitigen Punktes bei.

Wenn wir uns jetzt zu älteren Embryonen wenden, so kann man an ein und demselben Individuum alle Stufen der Zahnentwickelung von Anfang an verfolgen. Denn man trifft hier an der inneren Kieferseite in der Epithelleiste eine ganze Reihe hintereinanderliegender, in ihrer Entwickelung verschieden alter Papillen an (Taf. XIII Fig. 14). Dieselben treten, wenn man die Epithelleiste durch Zug an der von Owen Deckmembran genannten Bindegewebslamelle gewaltsam in 2 Hälften reisst, vollkommen frei zu Tage und ragen über das Niveau der ihnen Ursprung gebenden Schleimhaut hervor. Wir gedenken dieses Umstandes, um deutlich zu zeigen, dass wenn wir von der leistenartigen Wucherung des Epithels in das unterligende Bindegewebe absehen, Bildung und Lage der Zahnpapillen auf der Innenseite des Kieferknorpels der Papillenbildung der Schuppenanlagen auf der freien Hautoberfläche vollkommen gleich ist. Von den so freigelegten Papillen stehen die am weitesten ausgebildeten in der Nähe des Kieferrandes, von da nach dem Grunde des künstlich geschaffenen Grabens werden sie immer kleiner; im Grunde selbst findet man die allerjüngsten Zellenhügel. Die Verschiedenaltrigkeit der hintereinanderfolgenden Zahnpapillen kömmt sehr zu Statten, wenn man die Entstehung der Zahngewebe beobachten will, weil sich die an älteren Anlagen eingetretenen Veränderungen direct mit den Befunden an wenig jüngeren vergleichen lassen. Ich untersuchte in der Weise die Entwickelung der Zahngewebe an einem 17 Cm. langen Embryo von Acanthias americanus an drei auf einander folgenden Papillen, deren genauere Beschreibung ich hier gebe, weil sie die Art und Weise und die Reihenfolge, in welcher Schmelz, Dentin und Cement sich bilden, gut illustriren. Um zugleich über die Ablagerung der Kalksalze Aufschluss zu erlangen, machte ich Schnitte durch unentkalkte Kiefer, was hier noch in genügender Feinheit möglich ist.

An der jüngsten der drei untersuchten Papillen ist noch in

keinem Theile eine Ablagerung von Kalksalzen wahrzunehmen, dagegen befindet sich an ihrer Spitze unter der Schmelzmembran auf dem Dentinkeim eine dünne Lage einer feinkörnigen Substanz. Dieselbe färbt sich nur sehr wenig in Carmin und lässt keine Eintheilung in zellige Abschnitte erkennen. Im Dentinkeim liegen die Zellen noch ohne wahrnehmbare Spuren einer Zwischensubstanz dicht zusammengedrängt. Die Zellen der Schmelzmembran haben den höchsten Grad ihrer Entwickelung mit der stattlichen Höhe von 0,028 Mm. erreicht.

Auf dem nächst folgenden älteren Stadium ist die gesammte Oberfläche des Dentinkeims von einer sehr dünnen Kalkkruste bedeckt. Dieselbe bildet über der Spitze der Papille ein ziemlich dickes Kalkhäubchen, welches vollkommen homogen ist und eine schmelzähnliche Beschaffenheit zeigt. Die Oberfläche der Kalkkruste sowohl als auch des Kalkhäubchens ist vollkommen glatt. Die ihnen aufsitzende Schmelzmenbran hat an der Spitze der Papille an Höhe bedeutend abgenommen und misst daselbst nur noch 0,015 Mm. An Stellen, wo sie durch den Schnitt von der unterliegenden Kalkmembran abgehoben worden ist, zeigt sie eine glatte regelmässige Grenzlinie. Unter der Kalkkruste und dem Häubchen bemerkt man noch einen 0,006 Mm. breiten Streifen einer homogenen Substanz, welcher den Zellen des Dentinkeims aufliegt. Der Streifen färbt sich in Carmin intensiv roth. Bei Zusatz von Salzsäure zur Untersuchungsflüssigkeit unter dem Deckglas schmilzt nach der Entkalkung die den Kalksalzen zur Grundlage dienende organische Substanz des Häubchens rasch weg und hinterlässt auf ihrer Oberfläche ein feines Häutchen. Der in Carmin sich roth färbende homogene Streifen bleibt dagegen vollkommen erhalten. Auf das Ergebniss der Salzsäureeinwirkung uns stützend erblicken wir in dem Kalkhäubchen und der Kalkkruste die erste Schmelzablagerung, in der darunterliegenden homogenen Substanz demnach die erste noch unverkalkte Ausscheidung des Dentins. Die Zellen in der Mitte der Papille sind um diese Zeit durch Ausscheidung einer Zwischensubstanz weiter auseinandergerückt.

Auf dem dritten Stadium finden wir alle Zahngewebe, wenn auch in geringer Mächtigkeit, so doch schon in charakteristischer Weise ausgebildet (Taf. XIII Fig. 15). Die Papille ist von einer nach der Basis zu sich etwas verdünnenden Lage von Dentin bedeckt, welches verkalkt ist, in Carmin sich daher nicht färbt und zahlreiche Dentinröhrchen enthält. Seiner Oberfläche liegt eine dünne Kalkkruste auf, die durch den Schnitt stellenweise in Kalk-

plättchen zerfallen und als ein gesonderter Theil deutlich zu unterscheiden ist. Die Spitze des Zahnes wird wieder von einem Kalkkäppchen gebildet, das durch eine stärkere Lichtbrechung und durch eine geringe Farbenverschiedenheit ausgezeichnet ist und sich durch eine deutlich wahrnehmbare Linie vom Dentin abgrenzt. Die Höhe der Schmelzmembran hat auf diesem Stadium durchgängig abgenommen und beträgt nur noch 0,015 Mm. im Durchschnitt. An der Basis des Zahnes dringt die Verkalkung eine kleine Strecke weit in das unterliegende Bindegewebe ein und breitet sich hier horizontal aus. In ihrer Umgebung hat eine Vermehrung der Bindegewebszellen stattgefunden. Somit hat auch die Anlage der Basalplatte oder des Zahncements auf diesem dritten Stadium gleichfalls begonnen. Einige Structurverhältnisse treten mit grösserer Klarheit hervor, wenn wir auf den unentkalkten Schnitt mit sehr wenig Salzsäure versetztes Wasser einwirken lassen. Es lösen sich dann nur die Kalksalze des Zahnbeins, während der Schmelz nicht entkalkt wird. Man überzeugt sich daher jetzt sicher von der Anwesenheit eines gesonderten Kalkkäppchens und einer gesonderten Kalkkruste auf dem Dentin. Es entspricht die hier beobachtete verschiedene Löslichkeit der Salze des Dentins und des Schmelzes vollkommen den Resultaten, die man bei Entkalkung von Säugethierzähnen erhält und schon beschrieben hat. Auch hier findet in schwach angesäuertem Wasser die Entkalkung des Schmelzes erst dann statt, wenn bereits die Kalksalze des Dentins gelöst sind. Das Verhalten der organischen Bestandtheile des Schmelzes bei diesen Zähnchen gegen stärkere und schwächere Salzsäurelösungen gleicht vollkommen dem von älteren Zähnen ausführlich beschiebenen.

Aus der mitgetheilten Untersuchungsreihe ergiebt sich folgender Entwickelungsgang für die Bildung der drei Zahngewebe. Zuerst entsteht durch Ausscheidung von der Schmelzmembran aus, die hierbei an Höhe verliert, besonders an der Spitze der Papille, die organische Grundsubstanz des Schmelzes. Nachdem diese Kalksalze aufgenommen hat, scheidet die oberflächliche Zellenschicht des Dentinkeim die organische Substanz des Zahnbeins aus, welche gleichfalls erst auf einem etwas späteren Stadium verkalkt. Sowie die Ablagerung des Dentins bis zur Basis der Papille herabgedrungen ist, wird durch dasselbe auch im angrenzenden Bindegewebe der Anstoss zu einer veränderten Gewebebildung gegeben und es erfolgt jetzt unter Betheiligung der Bindegewebs-

zellen durch eine Metamorphose von Bindegewebsbündeln die Bildung des Zahncements.

Die folgenden Veränderungen an noch weiter entwickelten Zähnen bestehen hauptsächlich in einer Grössenzunahme der drei Gewebe, namentlich des Dentins. Die Grenzlinie zwischen ihm und dem Schmelz wird hierbei immer unregelmässiger und tiefer ausgezackt (Taf. XIII Fig. 3). Ein Eindringen von Röhrchen in den Schmelz habe ich bei Embryonen nicht beobachtet, doch mag dies hauptsächlich mit daher rühren, dass ich dem Puncte wenig Aufmerksamkeit geschenkt habe.

An die Schilderung der embryonalen Entstehung der Zähne schliessen wir eine kurze Notiz über die Art und Weise wie der Ersatz der alten Zähne bei den ausgewachsenen Selachiern stattfindet. Bekanntlich ist der Zahnwechsel bei den Haien wie bei allen niederen Wirbelthieren ein sehr lebhafter und erfolgt eine Neubildung von Zähnen zu allen Zeiten des Lebens. Die jungen Anlagen liegen hinter den in Function stehenden Zähnen wie beim Embryo in der Tiefe der Schleimhaut an der äusseren Seite einer Epithelleiste. Hier entwickeln sie sich vor äusseren Insulten geschützt, bis sie die volle Grösse erlangt haben. Auf verschiedenen Stufen der Entwickelung stehend sind sie in zahlreichen Reihen hinter einander aufgeflanzt. Die jüngsten sind noch unverkalkte Papillen und liegen vom Kieferrand am weitesten entfernt. Die in Function befindlichen Zähne stehen entweder in einer oder in mehreren Reihen auf dem Kieferrand. Wenn nun die vordersten abgenützt sind, was nach nicht allzulanger Zeit des Gebrauchs einzutreten scheint, so rückt die nächst folgende mittler Weile vollkommen ausgebildete jüngere Generation an ihre Stelle. So findet eine ständige Fortbewegung der zahntragenden Schleimhaut nach vornen statt, wobei sie über den Kiefer wie über eine Walze hingleitet (Owen). In demselben Maasse als die jüngeren Zähne vorrücken, wucheren die Zellen an dem Ende der Epithelleiste und es entstehen daselbst fortwährend neue Anlagen.

Wenn wir jetzt an eine Beurtheilung der über die Entwickelung der Haifischzähne aufgefundenen Thatsachen gehen, so kommen wir zu dem Resultate, dass dieselben in wesentlichen Puncten von den bei der Entwickelung der Placoidschuppen aufgefundenen nicht abweichen. Denn es entwickeln sich bei beiden die drei Schuppen- und Zahnsubstanzen in genau der gleichen Weise, das Schuppen- und Zahndentin durch Ausscheidung von Zellen des mittleren Keimblatts, der Schuppen- und Zahnschmelz durch Aus-

scheidung von Zellen einer Schmelzmembran, die ihrerseits vom oberen Keimblatt abstammt, der Schuppen- und Zahncement durch eine Umwandlung von Bindegewebstheilen des Integuments und der Schleimhaut! Das Einzige was Schuppen und Zähne in ihrer Entwickelung unterscheidet, ist der Umstand, dass die Anlagen der ersteren auf der freien Oberfläche der Haut, die Anlagen der letzteren in der Tiefe der Schleimhaut entstehen an der Aussenseite einer Epithelleiste, welche von der Oberfläche her in die Tiefe hineingewuchert ist. Daher drängt sich uns hier die Frage auf, welche Bedeutung die Einsenkung der Zahnanlagen und die Bildung einer Epithelleiste bei der Entwickelung der Zähne spielen!

Wie bekannt, erfolgt auch die Entwickelung der Säugethierzähne nicht auf der freien Fläche, sondern in der Tiefe der Mundschleimhaut. Man hat diesen Entwickelungsmodus mit der Schmelzbildung in Zusammenhang gebracht, indem man annahm, dass durch die Einsenkung der Zahnanlage in die Schleimhaut ein besonderes schmelzbildendes Organ entstände. Den hierher bezüglichen Bildungen wurden daher auch die Namen Schmelzkeim und Schmelzorgan beigelegt. Man wurde zu dieser Auffassung hauptsächlich dadurch bewogen, dass man bei niederen Thieren, deren Zähne auf freien Papillen entstehen sollten, den Schmelz zu vermissen glaubte. Als ein Hauptbeispiel galten in dieser Richtung, freilich irrthümlicher Weise, die Zähne der Selachier. Namentlich war es Owen, welcher gestützt auf seine umfangreichen Untersuchungen, den Satz aufstellte, dass nur in Kapseln eingeschlossene Zahnanlagen einen Schmelzüberzug erhielten und dass dieser von einem besonderen Organe, der Schmelzpulpa, entwickelt würde, wie das Dentin von der Zahnpulpa. Auch Leydig gelangte durch seine vergleichenden Untersuchungen zu dem Schlusse, dass Schmelz und Cement den Zähnen der niederen Wirbelthiere fehle und dass beide sich zum Zahnbein erst dann gesellen, wenn die Zahnpapillen in Säckcken eingeschlossen werden, was nur bei einigen Sauriern und bei den Säugern geschehen soll[1]). Nach Gegenbaur[2]) tritt bei den Säugethieren „durch die Abschnürung eines in das Zahnsäckchen eingehenden Theiles des Kieferepithels ein neues Organ auf, welches über dem von der Zahnpapille abgesonderten die Grundlage des Zahns darstellendem Zahnbein

1) Leydig, Lehrbuch der Histologie.

2) Gegenbaur, Grundzüge der vergleichenden Anatomie. 2. Aufl. S. 783.

eine besondere Schichte, die Emailsubstanz abscheidet". MILNE EDWARDS [1]) hält die Einsenkung der Anlagen für die Entwickelung der Zähne für so wichtig, dass er sie als Eintheilungsprincip benutzt und nach ihr die Zähne in 2 Gruppen sondert. Dieselben sollen vollkommen 2 anderen Gruppen entsprechen, in welche man die Zähne von Verschiedenheiten ihres Baues ausgehend theilen kann. Die eine Gruppe nennt er dents phanerogenètes. Hier sollen die Zähne oberflächlich und frei auf der Schleimhaut, aus freien Papillen entstehen. Dem Baue nach bezeichnet er diese Classe auch als dents gymnosomes, weil bei diesen Zähnen das Zahnbein entblösst sein soll. Wie OWEN, giebt auch M. EDWARDS an, dass wenn man bei ihnen eine Art Firniss bemerke, dieser nicht von der Gegenwart von Schmelz herrührt, sondern nur eine festere Rindenschichte des Dentins, nämlich Vitrodentin sei. Die zweite Gruppe nennt MILNE EDWARDS nach ihrer Entwickelung dents cystigenètes, nach ihrem Baue dents steganosomes. In dieser Abtheilung sollen die Zahnpapillen in das unterliegende Gewebe wie in Säckchen eingeschlossen werden. Dem entsprechend soll das Zahnbein von Schmelz oder Cement oder von beiden zusammen bedeckt werden.

Wir erkennen aus den angeführten Aussprüchen, wie alt und wie eingebürgert die Auffassung ist, dass die Einsenkuug der Zahnanlagen für die Entwickelung der Zahngewebe speciell des Schmelzes von so wesentlicher Bedeutung sein soll. Prüfen wir, in wie weit sich diese Auffassung in unserem Falle als stichhaltig erweist. Wie wir gesehen haben, entwickeln sich Zähne und Placoidschuppen auf vollkommen gleiche Weise von dem einen Umstand abgesehen, dass erstere in der Tiefe der Schleimhaut, letztere auf der freien Hautfläche entstehen. Durch einen Vergleich von Placoidschuppe und Zahn werden wir daher am ehesten bestimmen können, welche Bedeutung die Einsenkung in die Schleimhaut für die Zahnbildung hat. Bei einer Vergleichung zeigt sich nun, dass Zahn und Placoidschuppe aus genau denselben Bestandtheilen zusammengesetzt sind und müssen wir hieraus schliessen, dass durch die Einkapselung dem Zahne als Ganzem nichts Neues hinzugefügt wird. Die Ansicht, nach welcher die Schmelzbildung durch sie herbeiführt werden soll, erweist sich hier als unbegründet. Denn die Placoidschuppen, welche auf freien Papillen ent-

1) MILNE EDWARDS, Leçons sur la physiologie et l'anatomie comp. Bd. 6. S. 135.

stehen, enthalten in gleicher Weise eine Schmelzbedeckung wie die Zähne. Durch diese Ueberlegung und durch einen Vergleich der Art, wie der Schmelz der Schuppen und derjenige der Zähne entsteht, gelangen wir zu dem Satz: Schmelzbildendes Organ ist nur die Schmelzmembran, eine eigenthümlich umgewandelte, einschichtige Epithellage. Ob diese eine freie oder eine in das Gewebe eingesenkte Papille überzieht, ist für die Schmelzbildung als solche vollkommen nebensächlich. Eine untergeordnete Bedeutung für die Schmelzbildung wollen wir indessen hierbei der Einsenkung der Zahnanlagen nicht absprechen. Wie wir ja gesehen haben, besitzen die Zähne besonders diejenigen höherer Thiere einen weit dickeren Schmelzüberzug als die Placoidschuppen. Dass diese höhere Ausbildung des Schmelzes von der Entwickelung der Zähne in der Tiefe der Mundschleimhaut abhängen mag, ist in hohem Grade wahrscheinlich, wenn wir berücksichtigen, wie hierdurch die Ernährung und in Folge dessen die Leistungsfähigkeit der Schmelzmembran erhöht werden muss. Wir erblicken indessen in diesem Momente nur eine Nebenleistung untergeordneter Art. Die Hauptbedeutung der Bildung einer Epithelleiste und der von ihr abhängigen Entstehung der Zahnanlagen haben wir in einer ganz anderen Richtung zu suchen. Auch hier führt uns eine Vergleichung zwischen Placoidschuppe und Zahn am sichersten zu einem befriedigenden Resultate. Wir finden, dass Schuppe und Zahn sich durch den verschiedenen Verbrauch, dem sie ausgesetzt sind, und durch den hierdurch bedingten verschieden lebhaften Ersatz von einander unterscheiden. Während erstere sich gar nicht oder doch nur höchst selten erneueren und während überhaupt bei alten Thieren eine Neubildung von Schuppen vorzugsweise nur dann stattfindet, wenn die alten durch das Wachsthum des Integuments weiter auseinandergerückt und Lücken zwischen ihnen entstanden sind, so werden dagegen die Zähne beständig gewechselt; hinter einer im Gebrauch stehenden Phalanx von Zähnen finden sich zu jeder Zeit des Lebens sehr zahlreiche Reihen von jungen Anlagen auf den verschiedensten Stufen der Entwickelung vor. In der lebhafteren und besonderen Art des Ersatzes weichen also Placoidschuppen und Zähne, während sie in Bau und Entwickelung der einzelnen Bestandtheile sich völlig gleich verhalten, allein von einander ab. In diesem Moment, glaube ich, haben wir die Bedeutung der Epi-

thelleiste zu suchen. *Sie ist eine dem stärkeren Ersatz der Zähne angepasste Bildung.*

Dass durch einen stärkeren Ersatz der Zähne die jungen Anlagen nothwendiger Weise in die Tiefe der Schleimhaut gedrängt werden müssen, ergiebt sich aus zwei verschiedenen Umständen. Erstlich befindet sich der unmittelbar hinter den Zähnen liegende Abschnitt der Schleimhaut wegen der beständigen Bildung neuer Zahnanlagen in einer sehr lebhaften Wucherung. Wie es nun eine im thierischen Körper allgemein verbreitete Erscheinung ist, dass in rascherer Vermehrung begriffene Epithelzellen in das unterliegende Gewebe hineinwuchern (Entstehung und Wachsthum der Drüsen, Wachsthum epithelialer Neubildungen), so dringt in gleicher Weise auch die Epithelwucherung am Kieferrand um sich Platz zu schaffen, in die Tiefe und nimmt hierbei *der reihenförmigen Anordnung der Zähne entsprechend die Form einer Leiste an.* Zweitens erscheint aber diese Lage der Ersatzzähne noch in einer anderen Beziehung als durchaus nothwendig. Denn lägen die jungen Ersatzpapillen auf der freien Oberfläche hinter den alten Zähnen, so würden sie beim Nahrungserwerb den gleichen Unbilden wie diese ausgesetzt sein und noch vor ihrer Ausbildung leicht wieder zerstört werden. Die natürliche Zuchtwahl wird daher wie sie den lebhafteren Ersatz der Zähne gezüchtet, so auch hier ihre Wirksamkeit entfaltet und in der Tiefe der Schleimhaut den jungen Anlagen eine günstigere Localität zu ihrer Entwickelung angewiesen haben.

Nach dieser Darlegung werden wir die Frage nach der Bedeutung, welche die Einsenkung der Zahnanlagen und die Bildung einer Epithelleiste bei der Entwickelung der Zähne spielt, dahin beantworten: *Mit der geweblichen Ausbildung der Zähne, speciell mit der Schmelzbildung, steht die Einsenkung der Zahnanlagen in keiner directen Beziehung. Dieselbe ist eine Einrichtung, welche durch den sehr lebhaften Ersatz der Zähne herbeigeführt worden ist. Die hinter der functionirenden Zahnreihe befindliche Epithelleiste mit dem sie umgebenden Bindegewebe können wir gewissermaassen als ein Organ betrachten, welches neue Zahngenerationen erzeugt und werden wir dasselbe, weil es eine Leiste bildet, durch welche Zähne zum Ersatz entstehen, Ersatzleiste nennen. Weiterhin kann dieses Organ noch eine Nebenfunction mit über-*

nehmen, indem es auch auf die höhere Ausbildung des Schmelzes von Einfluss wird.

Eine andere Reihe von Betrachtungen lässt sich noch an die vorliegende Bildung anknüpfen. Die Entwickelung derSäugethierzähne findet nämlich, wie wir seit einer Reihe von Jahren durch die Untersuchung Kölliker's wissen, in einer der Entwickelung der Selachierzähne sehr ähnlichen Weise statt. Wie dort, so findet sich auch hier am Innenrande der Kiefer, ehe die einzelnen Zahnanlagen sich bilden, eine aus Epithelzellen bestehende Leiste vor. (Schmelzkeim Kölliker's). Wie dort entwickeln sich an der Aussenseite dieser Leiste die einzelnen Anlagen; zunächst die des Milchzahns, später median von ihr und tiefer in die Schleimhaut eingesenkt die des bleibenden Zahnes. Den Theil der Epithelleiste, an welchem der Milchzahn entsteht, und den Theil an welchem der bleibende Zahn entsteht, hat man mit verschiedenen Namen belegt und ersteren primären, letzteren secundären Schmelzkeim benannt. Nach der üblichen Schilderung entsteht der secundäre Schmelzkeim aus dem primären und zwar an der Stelle, wo der Hals des primären Schmelzorgans noch mit seinem Schmelzkeim zusammenhängt. Wie aus Abbildung und Beschreibung hervorgeht, ist aber der secundäre Schmelzkeim die directe Fortsetzung des primären, höchstens tritt vielleicht in der Richtung des ersteren eine leichte Krümmung ein, hervorgerufen durch die Grössendimensionen des sich entwickelnden Milchzahns. Beide zusammen bilden also eine continuirliche Epithellamelle, an deren äusserer Seite die Zahnanlagen entstehen. Nach dieser Auseinandersetzung können wir die vereinigten primären und secundären Schmelzkeime auf die Ersatzleiste der Selachier reduciren und müssen wir beide Bildungen für homolog erklären, da alle Wirbelthierdentinzähne, wie wir später zeigen werden, einen monophyletischen Ursprung besitzen. Wir werden daher auch die Epithellamelle, welche man in zwei Stücken als primären und secundären Schmelzkeim bei den Säugethieren beschrieben hat, nicht mit zwei Namen, sondern, da sie eine einheitliche Bildung darstellt, mit einem Namen belegen. Wir schlagen auch hier den Namen Ersatzleiste vor, weil dieser am einfachsten die ursprüngliche Bedeutung der Epithelwucherung als eines in das Bindegewebe eingesenkten und Zahngenerationen bildenden Organes bezeichnet.

Die weiterhin in der Entwickelung der Säugethierzähne eintretenden Abweichungen von der geschilderten Entwickelung der

Selachierzähne betrachten wir als später erworbene Zustände. So entstehen hier an der Ersatzleiste überhaupt nur zwei Zahnanlagen, welche aber eine relativ mächtigere Entwickelung erlangen. Ferner findet eine Lageveränderung der Zahnanlagen in der Weise statt, dass dieselben noch tiefer in das unterliegende Bindegewebe eingesenkt werden und sich dadurch immer weiter von der Epithelleiste ihrer Ursprungsstätte entfernen. Ein Theil der Epithelzellen der Leiste geht hierbei eine besondere Bildung ein, die man Schmelzorgan benannt hat. Eine Zeit lang hängt dieses durch einen Fortsatz (Hals des Schmelzorgans) mit der Epithelleiste (Schmelzkeim) noch zusammen, soll aber später vollkommen abgeschnürt werden, so dass nun die Zahnanlage allseitig im Bindegewebe eingeschlossen liegt. Eine dritte Abweichung endlich von den Verhältnissen bei den Selachiern besteht darin, dass die Epithelleiste bei den Säugethieren nicht wie dort zu allen Zeiten des Lebens besteht und beständig neue Zahngenerationen hervorbringt, sondern nur als embryonales Organ in Function ist und später sich rückbildet entsprechend dem nur einmal stattfindenden Zahnwechsel. Diese Abweichungen von den Verhältnissen bei den Selachiern erklären sich zum Theil aus einer höheren Entwickelung, welche die einzelnen Zahnanlagen erlangen und welche zu einer beträchtlicheren Grösse, vervollkommneten Befestigung und stärkeren Schmelzbekleidung des einzelnen Zahnes führt. Zum anderen Theil bestehen die Abweichungen in Rückbildungsprocessen, welche mit den erstgenannten Vorgängen in einem causalen Zusammenhang stehen. Mit der zunehmenden Qualität nimmt die Quantität der Zahnanlagen ab. Der Zahnwechsel der diphyodonten Säugethiere ist also von einem bei niederen Wirbelthieren verbreiteten polyphyodonten während des ganzen Lebens stattfindenden Zahnwechsel direct abzuleiten. Am weitesten ist der Rückbildungsprocess bei den Monophyodonten Cetaceen und Edentaten und bei einer Anzahl zahnloser Wirbelthiere gediehen.

Indem wir so den Zahnwechsel der Säugethiere als einen durch die höhere Ausbildung des Einzelzahns herbeigeführten Rückbildungsprocess auffassen, erklären sich uns auf die einfachste Weise eine Anzahl gelegentlich zur Beobachtung kommender Varietäten und Monstrositäten des menschlichen Gebisses, welche als Hyperdentition und dentes accessorii bezeichnet worden sind. Es sind in der Literatur Fälle bekannt, wo in einem Kiefer zwei, ja sogar drei Reihen von Schneidezähnen hintereinander standen. Ferner wurde beobachtet, wie ein und dieselbe Zahn-

alveole sich durch einen dritten und vierten Zahnwechsel wieder füllte[1]). Alle diese Beispiele von vermehrter Zahnbildung müssen wir als einen Rückschlag in einen Zustand reicherer unter Umständen unbeschränkter Production von Ersatzzähnen betrachten, welcher bei den Urahnen des Menschen einst bestanden hat.

Nachdem wir durch diese längere Betrachtung die Bedeutung der Zahnleiste der Selachier und ihre Homologie mit gleichen Bildungen höherer Thiere klargelegt zu haben glauben, berühren wir noch kurz einige die Entwickelung der Zahngewebe betreffende Fragen. Diese sind bekanntlich schon seit langer Zeit ein Gegenstand lebhafter Debatten, welche freilich immer nur gestützt auf Untersuchungen über die Gewebsentwickelung von Säugethierzähnen geführt worden sind. An den Ansichten, welche wir am Ende der über Entwickelung der Placoidschuppen handelnden Theiles ausgesprochen haben, halten wir auch hier fest und glauben wir noch einige neue Thatsachen, welche für die Ausscheidung des Schmelzes sprechen, hier beigebracht zu haben. Ueber das Häutchen, welches Schmelz und Schmelzmembran trennt, über die sogenannte membrana praeformativa hat in letzter Zeit Kollmann[2]) sehr eingehende Untersuchungen an Säugethieren angestellt. In denselben bestätigt er die Anwesenheit einer besondern Membran auf dem Dentinkeim, doch ist er zu einer ganz besonderen Auffassungsweise über den feineren Bau derselben gelangt. Es soll nämlich nach ihm die membrana praeformativa von den untereinander zusammenhängenden Basal- oder, wie er sie nennt, Deckelmembranen der Schmelzzellen gebildet werden. Durch den Deckel der Cylinderzellen hindurch soll die Ausscheidung des Schmelzes stattfinden. Das Endergebniss, zu welchem der genannte Forscher gelangt, stimmt mit den von uns erhaltenen Resultaten überein bezüglich der vielfach geläugneten Existenz einer besondern Membran und der Bildung des Schmelzes. Ueber die Frage nach dem Bau der membrana praeformativa können wir kein Urtheil fällen, da unsere Untersuchungen auf diesen Punkt aus Mangel an frischem Material nicht mit gerichtet waren. Dagegen heben wir noch einmal besonders hervor, dass die zwischen Schmelz und Schmelzmembran liegende Haut die Basalmembran

1) Kollmann, Siebold u. Kölliker, Zeitschr. f. wissensch. Zool. B. XX. Hyrtl, topograph. Anat.

2) Kollmann, Ueber das Schmelzoberhäutchen und die Membr. praeform. Sitzungsbericht der Münch. Akad. 1869.

der letzteren ist und die Frage nach ihrem Bau daher mit der Frage nach dem Bau der Basalmembranen überhaupt zusammenhängt.

Zum Schluss dieses Abschnittes fassen wir die über die Entwickelung der Haifischzähne aufgefundenen Thatsachen kurz zusammen:

Die Entwickelung der Haifischzähne beginnt mit der Bildung einer Zahnleiste am Innenrande der Kiefer. Diese ist der als Schmelzkeim bezeichneten Epithelleiste der Säugethiere homolog und durch Anpassung an den Zahnwechsel entstanden. An der Aussenseite der Leiste entstehen die Zahnanlagen in gleicher Weise wie die Placoidschuppen auf der freien Hautoberfläche. Die Entwickelung der Säugethierzähne von den Schmelzkeimen ist im Ganzen dieselbe und weicht nur in untergeordneten Umständen ab. Die Entwickelung der Zahngewebe ist bei den Selachiern dieselbe wie bei den Säugethieren und stimmt vollkommen mit der Entwickelung, welche wir für die gleichen Gewebe der Placoidschuppe aufgestellt haben, überein.

III. Allgemeiner Theil.

Aus den im ersten und zweiten Theil dieser Arbeit mitgetheilten Resultaten unserer Untersuchung ergeben sich zwei für das Verständniss der Integumentgebilde wichtige allgemeine Sätze. Den einen derselben erhalten wir durch eine Vergleichung der Placoidschuppen mit den Zähnen der Selachier. Da diese wie wir im Vorhergehenden gesehen haben, im Bau vollkommen mit einander übereinstimmen und sich auch in derselben Weise entwickeln, so werden wir nothwendiger Weise zu dem Schluss geleitet: dass die Placoidschuppen und Zähne der Selachier homologe Bildungen sind, d. h. dass sie aus einer ursprünglich vollkommen gleichen Uranlage durch Differenzirung entstanden sind. Dieses Ergebniss kann uns in keiner Weise befremden, sowie wir uns daran erinnern, dass ja die die Mund- und Schlundhöhle nicht dem Darmtractus, sondern noch dem äusseren Integumente angehört. Wie die Entwickelungsgeschichte der höheren Wirbelthiere lehrt, buchtet sich dieses an der Stelle des späteren Mundes ein, wuchert als Blindsack dem geschlossenen Kopfende des Darms entgegen und öffnet sich schliesslich in dasselbe. Wenn wir daher Zähne und Placoidschuppen homologisiren, so sprechen wir hiermit ein Resultat aus, für wel-

ches uns schon die Entwickelungsgeschichte der Mundhöhle manche Anhaltspunkte liefert: dass nämlich die Mundschleimhaut ihrer Abstammung entsprechend auch Bildungen des äusseren Integuments trägt.

Es liegt nun auf der Hand, dass die Zähne der Selachier uns nicht mehr die ursprünglichen Verhältnisse repräsentiren. Vielmehr müssen wir, indem wir eine Homologie der Zähne mit Theilen des Integuments annehmen, einen früheren indifferenteren Zustand voraussetzen, in dem die beiderlei Bildungen von vollkommen gleicher Beschaffenheit und Grösse waren und noch keine Ersatzeinrichtung für die Zähne bestand. Bei dieser Urform war die gesammte Körperoberfläche und die Mund- und Schlundhöhle bis zum Anfang des Oesophagus mit einem gleichartigen Panzer von placoidschuppenähnlichen Knochenstückchen bedeckt. Es waren mithin die Theile, welche sich später zu Zähnen entwickelt haben, noch integrirende Theile eines über das ganze Integument somit auch über die Auskleidung der Mundhöhle verbreiteten Schutzorgans.

Die Ursachen, welche im Laufe von Generationen gleichartige Theile in ungleichartige verwandelt haben, scheinen uns hier in klarer Weise hervorzutreten und werden wir daher kurz bei ihnen verweilen. Indem die in Zähne später abgeänderten Placoidschuppen am Eingang der Mundhöhle liegen, indem sie hier festere Skeletstücke zur Unterlage und Stütze haben, indem sie endlich an beweglichen Armen, den Kieferbogen angebracht sind, stehen sie unter ganz anderen Bedingungen als die übrigen Theile des Hautpanzers. Auf Grund dieser besonderen anatomischen Verhältnisse nun verrichten sie noch besondere physiologische Nebenleistungen; so dienen sie einestheils als Vertheidigungswaffen gemäss ihrer Lage an den mit kräftigen Muskeln versehenen Kieferstücken, anderntheils spielen sie eine wichtige Rolle für die Ernährung bei der Ergreifung und Verarbeitung der Beute. Mit der Uebernahme einer besonderen Leistung ist aber für die Gebilde der Mundhöhle das ursächliche Moment zu einer abweichenden Entwickelungsrichtung von den Theilen der äusseren Haut gegeben. Vermöge ihres stärkeren Gebrauches und ihrer exponirten Lage wird die auf den Kiefern gelegene Mundschleimhaut auch rascher abgenutzt werden und ihre einzelnen Theile beständig einer stärkeren Reizung ausgesetzt sein; der Blutzufluss nach diesen wird in Folge dessen ein vermehrter, wie das bei allen in Gebrauch befindlichen Organen der Fall ist, eine

erhöhte Bildungsthätigkeit, ein regerer Stoffwechsel, eine lebhaftere Zellenvermehrung wird Platz greifen. Diese mechanischen Processe führen nun zu zwei morphologischen Abänderungen, einmal zu einem rascheren Ersatz der einzelnenZähne, und zweitens zu einer höheren Ausbildung des einzelnen Zahnes. Wie wir die Ersatzleiste aus der Hypertrophie eines beschränkten Abschnittes der Mundschleimhaut bereits früher zu erklären versucht haben, so müssen wir auch die stärkere Ausbildung des Zahnes auf ähnliche Momente zurückführen, auf den vermehrten Blutzufluss und auf die Entwickelung der Zahnanlage in der Tiefe der Mundschleimhaut, wo die Ernährungsbedingungen günstigere sein werden. Mit den hier angeführten eine Weiterentwickelung der Zähne bedingenden Momenten verbindet sich als weiteres umgestaltendes Moment der Einfluss, welchen die natürliche Zuchtwahl auf Theile, die in Abänderung begriffen sind, ausübt. Ihr Einfluss wird ein um so mächtigerer sein, als die Zähne eine wichtige Funktion bei der Ernährung übernehmen und daher für die Erhaltung des Individuums von der grössten Bedeutung sind. Wie die natürliche Zuchtwahl einen dem Verbrauch entsprechenden Ersatz und eine kräftigere Bildung der Zähne herbeiführen wird, indem sie Formen mit einer stärkeren Bewaffnung des Mundes im Nahrungserwerbe begünstigt, so wird sie auch die Formen der Zähne der Lebensweise der einzelnen Thiere anpassen. In Anpassung an eine räuberische Lebensweise werden die noch wenig differenzirten auf den Kieferrändern liegenden Theile des Integuments bei der einen Art zu scharfen, schneidenden Zähnen, bei einer anderen in Anpassung an eine mehr pflanzliche Nahrung zu breiten höckerartigen Mahlzähnen.

Wir haben im Vorhergehenden versucht in kurzen Zügen ein Bild von der phylogenetischen Entwickelung der Zähne zu entwerfen und angedeutet, in welcher Art und Weise unter Wirkung von in der organischen Natur allgemein thätigen Gesetzen die Differenzirung der Zähne aus einem indifferenteren Zustand erfolgt sein mag. Durch diese Betrachtungsweise glauben wir den an die Spitze des allgemeinen Theiles gestellten Satz noch weiterhin befestigt zu haben.

Die von uns durch eine eingehende Detailuntersuchung begründete Auffassung, dass die Zähne und Placoidschuppen der Selachier homologe Gebilde sind, ist keineswegs neu in der Wissenschaft, sondern schon von einer grösseren Anzahl Forscher mehr oder minder best[illegible]hen worden. Da es nicht ohne Inter-

esse ist zu verfolgen, wie eine Erkenntniss sich allmählich Bahn bricht und immer bestimmtere Formen findet, so stellen wir im Folgenden die hierauf bezüglichen Aussprüche früherer Beobachter theils im Auszug theils wörtlich zusammen, so weit wir solche in der einschlägigen und uns zugängigen Literatur aufgefunden haben.

Zuerst hat AGASSIZ [1]) bei seinen umfangreichen Untersuchungen über Fischschuppen „auf die nahe und auffallende Aehnlichkeit zwischen einigen von diesen Bildungen und den Zähnen der Fische“ in seinen Poissons fossiles aufmerksam gemacht. Wie dieser Forscher durch die Betrachtung der Fischschuppen, so wurde OWEN später durch sein Studium der Zahnbildungen niederer und höherer Wirbelthiere zu einem gleichen Resultate geführt und zu einem Vergleiche aufgefordert, der in einer Anmerkung in seiner Odontography S. 14 Platz gefunden hat: „Eine sehr nahe Analogie besteht zwischen den knöchernen Höckern und Stacheln der Haut der Knochenfische und ihren Zähnen. Die Schmelzschuppen der Ganoiden (nach AGASSIZ) zeigen eine ähnliche Organisation wie die Zähne.“ Anknüpfend an AGASSIZ und OWEN nennt WILLIAMSON [2]) in seinen Untersuchungen über Schuppen die Hautstacheln der Selachier um ihre Aehnlichkeit mit wirklichen Zähnen zu bezeichnen, geradezu Hautzähne (dermal teeth), eine Bezeichnung, die seitdem häufiger Anwendung gefunden hat. Mit grosser Bestimmtheit spricht sich LEYDIG, der den von WILLIAMSON gegebenen Namen Hautzahn beibehält, in seinem Lehrbuch der Histologie und in seiner Arbeit über Rochen und Haie über die Verwandtschaft der Mundhöhlen- und Integumentgebilde aus; so unter anderen in folgenden Worten: „die Schuppen der Haie und die Hautstacheln der Rochen haben und dieses möchte ich als Resultat besonders hervorheben, in ihrer Structur eine völlige Identität mit den Zähnen des Gebisses. Es sind daher die Schuppen der Knochenfische, die Stacheln der Rochen und die Schuppen der Haie für Zahnbildungen zu erklären“ [3]). In ähnlicher Weise äussert sich HUXLEY in seiner Bearbeitung der Organe des Integuments in TODD's Cyclopaedie: „Man kann als sicher annehmen, denke ich, dass die Schuppen, Platten und Stacheln aller Fische homo-

1) Nach WILLIAMSON, Philos. Transactions of the Royal society 1849, da AGASSIZ poissons fossiles nicht zugängig waren.

2) WILLIAMSON l. c.

3) LEYDIG, Beiträge zur mikroskop. Anat. und Entwickelung der Rochen und Haie.

loge Organe sind, desgleichen, dass die Hautstacheln der Plagiostomen ihren Zähnen und dadurch den Zähnen aller Wirbelthiere homolog sind"[1]). Die Aehnlichkeit in Bau und Entwickelung zwischen Placoidschuppen und Zähnen hebt HANNOVER in einer kleinen Schrift: Sur la structure et le développement des écailles et des épines chez les poissons cartilaginaux, hervor. Am eingehendsten hat sich GEGENBAUR in seiner Arbeit über das Kopfskelet der Selachier mit dem Nachweis der Homologie zwischen Zähnen und Schuppen beschäftigt und geben wir aus den daselbst Seite 11—13 angestellten Betrachtungen den Hauptpassus hier wörtlich wieder:

„Die völlige Uebereinstimmung im Wesentlichen des Baues der Placoidschüppchen und der Zähne der Kiefer lehrt, dass beiderlei Gebilde, Hautzähne und Kieferzähne, zusammengehören. Da die Kieferzähne die differenzirteren, höher entwickelten Gebilde, die Hautzähnchen dagegen die indifferenten sind, müssen erstere von letzteren abgeleitet werden. Die Kieferzähne erscheinen als Differenzirungen eines vom äusseren Integumente her sich in die Mundhöhle fortsetzenden ursprünglich gleichartigen Zahnbesatzes, wie denn viele Haie die ganze Schlundhöhle oder doch grosse Strecken derselben mit denselben Zähnchen besetzt zeigen, welche das Integument trägt, und bei manchen die Kieferzähne sich auch in der Form den Hautzähnen gleich verhalten, zuweilen selbst im Volum sich wenig davon unterscheiden. Zwischen den Kieferzähnen junger Haie und den Hautzähnchen erwachsener besteht häufig gar keine andere Verschiedenheit, als die der Oertlichkeit des Vorkommens. Wenn diese Verhältnisse wie gebührend in näheren Betracht gezogen werden, so wird man bei den Haien einen Zustand statuiren müssen, der die erste Genese der Kieferzähne noch in ihrem ursprünglichen Zusammenhange mit Hautgebilden zeigt, und damit die Herkunft aller davon ableitbaren Zahnbildungen erkennen lässt"[2]).

Nach diesem geschichtlichen Ueberblick wenden wir uns zur Besprechung des zweiten allgemeinen Satzes, der sich aus den im speciellen Theil niedergelegten Untersuchungen ziehen lässt. Wie wir daselbst gesehen haben, stimmen die Zähne der Selachier mit denen der Säugethiere in Bau und Entwickelung bis auf ganz

1) HUXLEY, TODD's Cyclopaedie. Band V. Supplement. S. 480.

2) GEGENBAUR, Untersuch. z. vergl. Anat. d. Wirbelth. Heft III. S. 11. Ferner vergl. GEGENBAUR, Grundzüge der vergleichenden Anatomie.

untergeordnete Differenzen vollkommen überein. Die bestehenden Abweichungen bei den letzteren, die prismatische Structur des Schmelzes, das Auftreten von Knochenkörpern im Cement, die Anordnung der Odontoblasten zu einer besonderen Membran ergeben sich als weitere Differenzirungen. Aus diesen Thatsachen schliessen wir, dass die Zähne der Selachier den aus Dentin, Cement und Schmelz bestehenden Zähnen aller übrigen Wirbelthiere homolog sind. Denn die Annahme, dass eine so eigenartige Combination dreier so charakteristischer Gewebsformen, wie sie den Zahn bilden und ein so charakteristischer Entwickelungsmodus derselben zu wiederholten Malen in verschiedenen Thierordnungen entstanden sei, erscheint im höchsten Grade unwahrscheinlich und muss daher verworfen werden.

Als Einwand gegen die hier aufgestellte Behauptung könnte man die Resulate anführen, zu welchen Leydig in drei Arbeiten über die Zähne der Salamander, Saurier und Schlangen gelangt ist. Nach diesem Forscher sollen nämlich die Dentinzähne der genannten Wirbelthierklassen allein epitheliale Bildungen sein und ohne Betheiligung des mittleren Keimblattes entstehen. Das die Spitze einer Zahnpapille überziehende Epithel soll sich in 2 Blätter sondern. Von der untersten Epithellage soll das Zahnbein nach Art einer Cuticularbildung abgeschieden werden und daher anfänglich überall von Hornblattzellen umschlossen werden. Bei seinem Wachsthum soll das Dentin später die Verbindung der Epithellagen an der Basis der Papille durchschneiden und so das Epithel der Papille von dem die Zahnoberfläche überziehenden Epithel scheiden. Bei einer Untersuchung dieser Zahnbildungen, welche ich im Herbst und Winter dieses Jahres vorgenommen habe, bin ich indessen zu entgegengesetzten Resultaten gelangt, welche in vieler Hinsicht mit denen von Santi Sirena[1]) übereinstimmen. Ich beobachte, dass die Zähne der Amphibien und Reptilien aus den gleichen 3 Substanzen wie die Zähne der Haie zusammengesetzt sind und sich auf dieselbe Weise entwickeln, das Dentin aus dem mittleren, der Schmelz aus dem oberen Keimblatt. In einer zweiten Arbeit über die Zahnverhältnisse niederer Wirbelthiere hoffe ich bald die näheren Details, auf welche ich meine Ansicht stütze, mittheilen zu können. Der obige Einwand gegen die ausgesprochene Homologie fällt hiermit hinweg.

1) Santi Sirena, Ueber den Bau und die Entwickelung der Zähne bei den Amphibien und Reptilien. Verhandl. der physic.-medic. Gesellsch. in Würzburg. 1871.

Nicht alle als Zähne im Thierreich bezeichneten Bildungen bestehen indessen aus Dentin, Schmelz und Cement; so finden wir aus verhornten Zellen gebildete Zähne im Munde der Petromyzonten und Myxinoiden, Chitinzähne bei Mollusken, Würmern und Arthropoden sowohl im Munde als auch im Magen vor. In welchem Verhältniss stehen diese Bildungen zu der erstgenannten Kategorie von Zähnen? Von verschiedenen Seiten hat man den Versuch gemacht, alle Zahngebilde unter einem gemeinsamen Gesichtspunkt zu betrachten. So erklärt Milne Edwards, welcher die Zähne im Thiereich in Odontoides (einfache Epithelialproductionen) und in wirkliche Zähne mit Dentin eintheilt, dass zwischen beiden Arten keine scharfe Grenzlinie gezogen werden kann und ihr Studium nicht getrennt werden darf. Einestheils geschehe der Uebergang zwischen den Odontoides und den eigentlichen Zähnen allmählich durch das Zwischenglied des unvollständigen Zahnsystems einiger Wirbelthiere wie Ornithorhynchus, andererseits böten die Dentinzähne untereinander in ihrer Form wie in ihrer Structur noch grössere Verschiedenheiten dar.

Ebenso versucht Leydig die Hornzahnbildungen niederer Thiere auf eine gleiche Stufe mit den Zähnen der Wirbelthiere zu stellen. „Ich fühlte immer", schreibt derselbe in seiner Arbeit über die Zähne der Schlangen, „die höchst unbequeme Scheidungslinie, welche man zwischen den Zähnen im Mund und Rachen der Wirbelthiere einerseits und den kalkigen Zähnen der Wirbellosen z. B. aus dem Kaumagen der Krebse andererseits nothgedrungen ziehen müsste. Denn die Zähne der Wirbellosen erwiesen sich als verdickte und verkalkte Cuticularbildungen. Es war daher für mich eine erfreuliche Beobachtung als ich gelegentlich faunistischer Studien über unsere Molche bemerkte, dass ja bei diesen Wirbelthieren das Zahnbein ebenfalls nach seiner Entwickelung den Cuticularbildungen zugerechnet werden müsse."

Gegen diese Versuche alle Zahnbildungen morphologisch unter einem Gesichtspunkt zu betrachten, müssen wir Einspruch erheben. Die genannten Forscher haben dem Begriff Zahn eine morphologische Bedeutung gegeben, welche er in keiner Weise besitzt. Wenn wir untersuchen, was den unter ihm zusammengefassten Bildungen gemeinsam ist, so finden wir, dass er hauptsächlich in physiologischer Bedeutung gebraucht wird. Man begreift unter ihm Höckerbildungen auf der Oberfläche des Darmtractus und der Mundhöhle, welche zur Ergreifung und zur Zerkleinerung der Nahrung dienen. Aehnliche Höckerbildungen auf anderen Theilen des Körpers pflegt

man wegen der Verschiedenheit ihrer Funktionen nicht als Zähne zu bezeichnen. Wir haben es daher consequenter Weise auch vermieden, den Begriff Zahn auf Theile des Integuments wie z. B. auf die Placoidschuppen auszudehnen, obwohl wir deren Homologie mit Zähnen erwiesen haben und sind wir hierin nicht dem Beispiel von Williamson gefolgt. Eine morphologische Gleichartigkeit der unter ihm zusammengefassten Gegenstände drückt der Begriff Zahn nicht aus. Wie dieselben physiologischen Funktionen (Athmung, Ausscheidung u. s. w.) oft von morphologisch ganz ungleichwerthigen Organen vollzogen werden, so verrichten auch ganz heterogene Bildungen die Funktion der Nahrungszerkleinerung.

Da uns hiermit die Aufgabe zufällt, die als homolog erwiesenen, aus Schmelz [1]), Dentin uud Cement bestehenden Zähne, welche wir schlechthin Dentinzähne (Waldeyer) nennen wollen, von den übrigen abzugrenzen, so wollen wir die hauptsächlich hier maassgebenden Gesichtspunkte aufstellen. Wie wir gezeigt haben, müssen die Dentinzähne von einer ursprünglich über das ganze Integument verbreiteten placoidschuppenähnlichen Bildung abgeleitet werden. Zähne, welche einen andern Ursprung besitzen, sind unserer Gruppe nicht homolog. Wenn wir von diesem Gesichtspunkt aus die Wirbelthiere überblicken, so können wir nicht erwarten, bei den Acrania und Cyclostomen Dentinzähne vorzufinden, da das Integument dieser Thiere dauernd auf jener phylogenetisch älteren Entwickelungsstufe stehen bleibt, welche wir als ein sehr frühes embryonales Stadium an Haifischembryonen beschrieben haben. Auf einem geschichtetem Corium liegt unmittelbar glatt der Epidermisüberzug auf. Papillenbildung und eine placoidschuppenähnliche Hautverknöcherung fehlt sowohl vollständig, als auch lässt es sich nicht annehmen, dass jemals derartige Differenzirungen in dieser Thiergruppe bestanden haben, aber bei den jetzt lebenden Formen rückgebildet sind, wie dies mit dem Schuppenkleid bei manchen Fischen der Fall ist.

Es sind demnach die Selachier die ältesten uns bekannten Wirbelthiere, welche Dentinzähne besitzen, und können wir daher nur bei den Descendenten derselben homologe Zahnbildungen antreffen. Als ihre Descendenten müssen wir aber nach den über-

---

1) Nach eigenen Untersuchungen und aus ziemlich zahlreichen in der Literatur zerstreuten Angaben Anderer, müssen wir annehmen, dass alle aus Dentin bestehenden Zähne auch eine Schmelzbedeckung besitzen, was von vielen Seiten in Abrede gestellt wird.

zeugenden Ausführungen GEGENBAUR's die Ganoiden, Teleostier, Amphibien, Reptilien, Vögel[1]) und Säugethiere betrachten.

Weiterhin ist bei der Frage nach der Homologie der Zahnbildungen in Betracht zu ziehen, dass alle im eigentlichen Darmtractus zur Beobachtung kommenden Zähne mit unserer Gruppe nicht vereint werden können. Denn gemäss unserer Ableitung sind die Dentinzähne Theile von Integumentgebilden, welche sich im Darmtractus nicht vorfinden, sondern nur dem oberen Keimblatt mit seinem Hautfaserblatte angehören[2]). Wenn daher bei dem Schlangengenus Deirodonzähne, mit welchen diese Schlangen die Schalen der ihnen zur Nahrung dienenden Eier zermalmen, im Oesophagus beschrieben werden, so werden dieselben einen anderen Ursprung haben müssen und Dentinzähnen nicht homolog sein. Eine genauere Untersuchung bestätigt dies. Denn wie OWEN[3]) beschreibt, sind es die unteren Dornfortsätze der sieben oder acht hinteren Halswirbel, welche an ihrem Ende von einer Lage harten Cements bedeckt sind und mit ihren Spitzen die hintere Wand des Oesophagus durchbohrt haben.

Nach diesen Erörterungen ist es selbstverständlich, dass die Zähne niederer Thiere wie Würmer, Mollusken, Arthropoden morphologisch mit den Dentinzähnen gar nichts gemein haben.

Nachdem wir so die Gruppe der homologen Zahnbildungen näher umgrenzt haben, können wir jetzt das Hauptresultat der ganzen Untersuchung in folgenden Sätzen zusammenfassen: Alle Dentinzähne, bestehend aus Schmelz, Dentin, Cement sind einander homolog und von einer ursprünglich über das gesammte Integument verbreiteten placoidschuppenähnlichen Hautverknöcherung abzuleiten. Als später differenzirte Theile eines Hautpanzers

1) Der Mangel der Dentinzähne bei Vögeln, Schildkröten und anderen erscheint als ein Rückbildungsprocess. Unter den Schildkröten sind bei Trionyx während des Embryonallebens Zähne beobachtet worden. (Vergl. GEGENBAUR, Grundzüge der vergl. Anatomie. Aufl. 2).

2) Aus dem Satz, dass Dentinzähne nur dem oberen Keimblatt angehören und aus ihrer Verbreitung in der Mund- und Schlundhöhle bei niederen Wirbelthieren, lässt sich bestimmen, wie tief die Einstülpung des Integuments zur Bildung der Mundschlundhöhle herabreichen muss. So beweist das Vorkommen von Zähnen auf den Kiemenbogen und den ossa pharyngea bei Fischen, dass ihre Athemhöhle noch dem oberen Keimblatt angehört und dass erst mit der Mündung des Oesophagus der eigentliche Darmtractus oder das untere Keimblatt beginnt. Vergl. GEGENBAUR, Grundzüge d. vergleichenden Anatomie. 2. Aufl. S. 785.

3) OWEN, Odontography.

gehören sie nur dem oberen Keimblatte mit seinem Hautfaserblatte an. Die ältesten noch jetzt lebenden Thiere mit Dentinzähnen sind die Selachier, welche uns in ihrer Placoidschuppenbekleidung einen primitiven, wenig abgeänderten Zustand des Integuments überliefert haben. Der Mangel von Dentinzähnen, wo solcher bei höheren Wirbelthieren vorkömmt, ist als ein Rückbildungsprocess aufzufassen.

Zum Schlusse dieser Arbeit erfülle ich die angenehme Pflicht, dem Herrn Prof. Gegenbaur für den freundlichen Rath, durch welchen er mich in meiner Arbeit unterstützt und für die Liberalität, mit welcher er mir sein reichliches Material an Haifischembryonen zur Benutzung überlassen hat, meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. XII.

Fig. 1. Placoidschuppe von Scymnus Lichia bei schwacher Vergrösserung.
Fig. 2. Sagittalschnitt durch eine Placoidschuppe von Scymnus Lichia bei 120facher Vergrösserung. Die Umrisse der Placoidschuppe sind in kleinerem Maassstabe gezeichnet.
Fig. 3. Sagittalschnitt durch ein Stück Haut von Mustelus laevis bei schwacher Vergrösserung.
Fig. 4. Stück eines Sagittalschnittes durch eine Placoidschuppe eines Embryo von Acanthias vulgaris.
Fig. 5. Spitze einer Placoidschuppenanlage von einem 17 Cm. langen Embryo von Acanthias americanus. Gezeichnet bei 500facher Vergrösserung.
Fig. 6. Placoidschuppe von Mustelus laevis bei schwacher Vergrösserung.
Fig. 7. Transversalschnitt durch eine Placoidschuppenanlage von einem 13 Cm. langen Embryo von Heptanchus cinereus bei Vergröss. 500.
Fig. 8. Placoidschuppe von Acanthias vulgaris bei schwacher Vergrösserung.
Fig. 9. Schmelzzelle isolirt von einem Embryo von 17 Cm. Länge (Acanthias americanus). Bei 950facher Vergr. gezeichnet.
Fig. 10. Sagittalschnitt durch eine Placoidschuppenanlage von einem 13 Cm. langen Embryo von Heptanchus cinereus. Bei 120facher Vergrösserung gezeichnet.
Fig. 11. Schuppenanlage von einem 10 Cm. langen Embryo von Acanthias vulgaris. Bei 500facher Vergr. gezeichnet.
Fig. 12. Schuppenanlage von einem 8 Cm. langen Embryo von Acanthias vulgaris. Bei 500facher Vergr. gezeichnet.
Fig. 13. Transversalschnitt durch eine Schuppenanlage von Heptanchus cinereus (Embryo von 13 Cm. Länge). Die Anlage ist nahe der Spitze durchschnitten. Bei 120facher Vergröss. gezeichnet.
Fig. 14. Schnitt durch die Haut eines 8 Cm. langen Embryo von Acanthias vulgaris.

Taf. XIII.

Fig. 1. Schmelz von einem Oberkieferzahn von Scymnus Lichia nach Entkalkung in mit Salzsäure schwach angesäuertem Brennspiritus. Bei 500facher Vergröss. gezeichnet.
Fig. 2. Zerzupfte Schmelznadeln von einem Unterkieferzahn von Scymnus Lichia nach Entkalkung in mit Salzäure schwach angesäuertem Brennspiritus. Bei 500facher Vergröss. gezeichnet.
Fig. 3. Stück eines Schnittes durch einen jungen noch vom Zahnleistenepithel bedeckten Zahnes von einem 23 Cm. langen Embryo von Acanthias vulgaris. Bei 500facher Vergröss. gezeichnet.
Fig. 4. Stück eines Zahnschliffes von Mustelus laevis. (Vergröss. 500).
Fig. 5. Stück eines Zahnschnittes von Mustelus laevis. Der Zahn in sehr schwach angesäuertem Wasser entkalkt. Vergröss. 500.
Fig. 6. Ausgefaserte Grenzschichte des Dentins nach dem Schmelz zu von einem Schnitt durch den Unterkieferzahn eines Scymn. Lichia. Vergr. 500.
Fig. 7. Zahnschliff von einem Unterkieferzahn von Scymn. Lichia. Vergr. 500.
Fig. 8. Schnitt durch einen entkalkten Zahn von Mustelus laevis. Verg. 120.
Fig. 9. Zahnbeinrohr aus dem Zahn von Mustelus laevis. Vergr. 500.
Fig. 10. Schnitt durch eine junge Placoidschuppe von einem Embryo von Acanthias vulgaris. Vergr. 500.
Fig. 11. Ein Theil der Pulpahöhle der Fig. 8 bei 500facher Vergr.

Fig. 12. Einzelne isolirte Odontoblasten aus dem Zahn von Mustelus laevis. Vergr. 500.
Fig. 13. Einzelne Zahnbeinröhren der Fig. 8 bei 500facher Vergr.
Fig. 14. Senkrechter Durchschnitt durch den Unterkiefer eines 10 Cm. langen Acanthiasembryo. Vergr. 120.
Fig. 15. Durchschnitt durch die Spitze eines jungen noch in der Epithelleiste vergrabenen Zahns von einem 17 Cm. langen Acanthias americanus. Vergr. 500.
Fig. 16. Senkrechter Durchschnitt durch den Unterkiefer eines 8 Cm. langen Acanthias vulgaris. Vergr. 120.

Erklärung der Buchstabenbezeichnung.

C = Cement (Basalplatte).
D = Dentin.
H = Haversischer Kanal.
K = Dentinkeim.
L = Lippe.
Mb = Basalmembran.
MS = Schmelzmembran.
MO = Schmelzoberhäutchen.
N = Kalkkruste. (Erste Schmelzausscheidung.)
P = Pulpa.
R^1 = Zahnröhre.
R^2 = Zahnröhrchen.
S = Schmelz.
Z = Zahnleiste.

a = Querdurchschnittene Bindegewebsbündel.
b = Zum Schnitt parallel verlaufende Bindegewebsbündel.
c = Senkrecht aufsteigende Bindegewebsbündel.
d = Nicht geschichtetes Bindegewebe der Cutis.
e = Blasige Zellen mit flüssigem Inhalt.
f = Nach der Spitze verlaufendes Dentinrohr.
g = Horizontal verlaufende Dentinröhre.
h = Schichtungsstreifen im Dentin.
i = Kuglige Räume im Dentin mit anders beschaffener Grundsubstanz.
m = Feinere zur Schuppenoberfläche senkrecht gestellte Streifen.
n = Schmelzgrenze gegen die Basalplatte.
o = Polygonale durch Zellenabdruck entstandene Zeichnung.
p = Verbindung der Pulpa mit dem Cutisgewebe.
q = Haversische Kanäle in der Basalplatte.
s = Langgestreckte Zellen unter der Basalmembran. (Keimschicht.)
t = Pigmentzellen.
u = Secretorischer Zellenabschnitt.
w = Schleimzellen.
x = Odontoblasten.
y = Bindegewebszellen der Pulpa.
z = Gezackte Körper im Schmelz.

α = Vereinzelte in Dentinröhren liegende Odontoblasten.
β = Bindegewebskerne in Dentinröhren.
γ = Zahnfurche.
δ = Ausgehöhltes zahntragendes Stück des Kieferknorpels.
ε = Lippenknorpel.
ζ = Kante der Zahnleiste.
λ = Gezackter Rand zwischen Dentin und Schmelz.
μ = Mit Pigment gefüllte Enden der Dentinröhrchen.

Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Kiemen- und Kiefermusculatur der Fische.

Von

Benjamin Vetter, Dr. phil.

(Hierzu Taf. XIV und XV.)

Die Muskeln der vorderen Visceralbogen der Fische sind bisher noch kaum Gegenstand der vergleichenden Untersuchung gewesen. Die einzige, zugleich sehr genaue Beschreibung, die wir von diesen Theilen besitzen, hat Cuvier von Perca fluviatilis geliefert; die für die Vergleichung so wichtige Ordnung der Selachier dagegen ist in dieser Hinsicht noch gar nicht in Angriff genommen worden. Zwar giebt Prof. Humphry im „Journal of Anatomy and Physiology", II, 10, May 1872, p. 271 ff. eine Beschreibung und Vergleichung der Musculatur von Mustelus laevis, wobei er auch auf die Muskeln des Kiemengerüstes und des Zungenbeins und Kieferbogens näher eingeht; seine Angaben lauten aber so unbestimmt und seine Benennungen und Vergleiche scheinen so wenig begründet, dass diese Arbeit hier füglich ausser Acht gelassen werden konnte.

Meine Untersuchungen gehen von den Selachiern, und unter diesen von den Haien aus, von welchen drei Repräsentanten, Heptanchus cinereus, Scymnus lichia und Acanthias vulgaris präparirt und beschrieben wurden. Die Rochen blieben ausser Berücksichtung, weil diese so eigenthümlich entwickelte Gruppe den Zweck einer Vergleichung der fraglichen Bildungen bei den Knorpel- und Knochenfischen doch nicht fördern konnte. Es folgten sodann Accipenser sturio und Chimaera monstrosa und endlich einige der leichter erhältlichen und nicht allzusehr durch secundäre Anpassungen modificirten Knochenfische: Esox lucius, Cyprinus carpio, Barbus vulgaris und Perca fluviatilis. — Wo es nöthig schien, wurde auch eine kurze Beschreibung der betreffenden Skelettheile gegeben; die wesentliche unentbehrliche

Grundlage meiner Arbeit bilden jedenfalls GEGENBAUR's „Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere", III. Heft, denen ich auch in der Terminologie folge. — Die Nerven wurden stets so weit thunlich berücksichtigt.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden vor längerer Zeit in Jena auf Veranlassung und unter Anleitung des Herrn Geh. Hofr. Prof. Dr. GEGENBAUR ausgeführt, welcher mir sämmtliches Material und die nöthigen literarischen Hülfsmittel zur Verfügung stellte und mir mit seinem bewährten Rathe stets aufs freundlichste zur Seite stand. Ich erfülle mit Freuden die angenehme Pflicht, ihm dafür meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Erster Theil.

Selachier.

Die Musculatur der Visceralbogen zerfällt nach Lage und Innervirung in vier Grüppen oder Systeme:

1) Oberflächliche Ringmusculatur.
2) Obere Zwischenbogenmuskeln.
3) Mittlere Beuger der Bogen.
4) Ventrale Längsmusculatur.

Die drei ersten Gruppen lassen eine nähere Zusammengehörigkeit erkennen, während die vierte besonders durch ihre Beziehungen zum Nervensystem eine selbständige Stellung einnimmt.

1. Oberflächliche Ringmusculatur
(Constrictor arcuum visceralium).

Bei den Selachiern treten folgende Muskeln als gesonderte Differencirungen dieses Systems auf:

1) M. constrictor superficialis, oberflächlicher Constrictor.
2) Mm. interbranchiales, Kiemenscheidewandmuskeln.
3) M. levator maxillae sup., Heber des Oberkiefers.
4) M. trapezius, Heber und Vorwärtszieher des Schultergürtels.

A. Heptanchus.

Hinter dem sehr langgestreckten Kopfe folgen sieben weite Kiemenspalten, welche ventral fast bis zur Mediane, dorsal bis

zum obern Drittel der Körperhöhe reichen, nach hinten zu jedoch allmählig an Grösse abnehmen. Die sie trennenden Kiemenscheidewände stellen breite klappenartige Hautduplicaturen dar, welche die seitlichen Theile des M. constrictor superfic. und die Mm. interbranchiales einschliessen und deren Bedeckung innen in die zarte in zahlreiche Querfältchen (die Repräsentanten der Kiemenblättchen) sich erhebende Schleimhaut übergeht und sich an den Seiten der innern Kiemenbogen befestigt. Das Spritzloch über und hinter dem Oberkiefer ist eine sehr kurze, schmale Spalte; der nach vorn und innen sich erweiternde Spritzlochcanal ist ebenfalls mit Schleimhautfältchen, dem Reste der Spritzlochkiemen ausgekleidet.

1) **M. constrictor superficialis, Mm. interbranchiales und M. levator max. sup.**

Ersterer ist hier noch so innig mit den Kiemenscheidewandmuskeln und dem Heber des Oberkiefers verbunden, dass alle drei zusammen behandelt werden müssen.

Die ganze fast durchgängig sehr dünne Muskelschicht (Taf. XIV Fig. 1 und Taf. XV Fig. 5 und 7, Cs_{1}—$_{8}$) theile ich der Bequemlichkeit halber in einen dorsalen und einen ventralen Abschnitt, welche aber seitlich ohne jede Grenze unmittelbar ineinander übergehen. Ersterer entspringt im Allgemeinen vom Occipitaltheil des Schädels und von der Oberfläche der dorsalen Längsmusculatur, und zwar von einer ziemlich dünnen diese überziehenden Fascie, welche median auf die andere Seite hinüber sich fortsetzt, vorn am Schädel sich befestigt und hinten allmählig sich verliert. Der ventrale Abschnitt setzt sich aus oberflächlichen und tiefen Portionen zusammen; erstere entspringen im Allgemeinen von einer nach hinten breiter werdenden ziemlich festen Aponeurose, welche hinten an der Unterfläche des Brustgürtels adhärirt, auf der Brustflosse sich ausbreitet und median in diejenige der andern Seite übergeht. Beide Abschnitte inseriren sich mit der innern Hälfte ihrer Fasern jeweils an den betreffenden Visceralbogen, während die äusseren Fasern direct in diejenigen des andern Abschnittes übergehen. — Im Einzelnen finden sich folgende Verhältnisse:

Der vor dem Spritzloch liegende Theil des dorsalen Abschnittes zerfällt in zwei nicht scharf getrennte Portionen: eine vordere, den eigentlichen M. levator max. sup., und eine hintere, den ersten, dem Kieferbogen und seinen Kiemenstrahlen

zukommenden Theil des Constrictors, Csd_1 (ich bezeichne mit Csd_{1-8} die einzelnen Portionen des dorsalen, mit Csv_{1-8} diejenigen des ventralen Abschnittes des Constrictors). —

Der Levator max. sup. (Taf. XIV Fig. 1 u. 2 *Lms*) entspringt vom Occipitaltheil des Schädels, und zwar von der hinter der Orbita liegenden tiefen Grube, welche hauptsächlich durch den nach aussen und unten ragenden Postorbitalfortsatz gebildet wird und gegen das hintere Schädelende hin sich allmählig ausflacht. Der Muskel stellt ein ziemlich kräftiges Bündel dar, welches nach unten und etwas nach vorne zieht und an der obern Kante und zunächst liegenden Theilen der Innenseite der Basis des grossen Gaumenfortsatzes, den der Oberkiefer nach vorn und innen sendet, sich inserirt.

Csd_1 entspringt, unmittelbar an den Oberkieferheber anschliessend, nach hinten an Mächtigkeit abnehmend, vom hintern Ende des Occipitaltheils des Schädels und dem vorderen Ende der erwähnten dorsalen Fascie, zieht mit schwach convergirenden Fasern nach unten und etwas nach vorn und inserirt sich, vorn wieder im Anschluss an den Heber des Oberkiefers, ziemlich breit an der Innenseite des Quadrattheils des Oberkiefers, nahe dessen oberem Rande, nach hinten hin immer mehr auf dessen obere Kante übergehend. Seine hintere Grenze bildet das Spritzloch, seine ganze Innenfläche aber bekleidet die vordere Wand des Spritzlochcanales, welche bei Heptanchus zwar keine Spritzlochknorpel, aber doch zahlreiche kiemenblattartige Schleimhautfältchen trägt. — Der Lev. max. sup. und Csd_1 heben den Oberkiefer, der erstere dreht ihn dabei um sein Gelenk mit dem Schädel nach vorn, der letztere nach hinten.

Csd_2 entspringt mit seinen vordersten Fasern, welche hier durch die hintersten von Csd_1 bedeckt und fast unter rechtem Winkel gekreuzt werden, ziemlich dick vom hintersten Ende des Schädels, im übrigen mit ansehnlicher Breite von der nach hinten bald sehr dünn werdenden oberflächlichen dorsalen Fascie. Die dünne Muskellage inserirt sich nun mit ihrem vordersten Theile ausschliesslich an der hintern obern Kante und angrenzenden Theilen der Innenseite des Oberkiefers. Das mittlere Drittel von Csd_2 geht grösstentheils ebenfalls an die entsprechend weiter nach hinten und unten gelegenen Theile des Oberkiefers bis zu dessen hinterem Ende; von der Innenseite dieser Partie löst sich aber eine sehr dünne Lage ab, welche kurzsehnig am äusseren Rande

des oberen Gliedes des Zungenbeinbogens[1]) sich befestigt. Die hintersten (äussersten) Fasern endlich setzen sich in die entsprechenden von Csv_2 nach unten fort. —

Csd_3—$_8$ verhalten sich im Allgemeinen übereinstimmend in Ursprung, Verlauf und Insertion. Wie die Kiemenspalten, so nehmen auch die in ihren Scheidewänden verlaufenden Muskeln nach hinten allmählig an Grösse ab und gleichzeitig verliert sich die oberflächliche dorsale Fascie, von welcher vorn der Haupttheil der betreffenden Muskelportionen entspringt, nach hinten hin vollständig, so dass die grössere Zahl der Portionen nicht mehr von der Fascie ihren Ursprung nimmt, sondern hauptsächlich von schmalen äusserst dünnen sehnigen Platten, welche der Aussenfläche des M. trapezius aufliegen, seitlich bald mit einander verschmelzen und längs des ganzen obern Randes des letzteren an den queren Septa der dorsalen Längsmusculatur sich befestigen, von denen auch der Trapezius zum grössten Theil entsteht. Je die innersten Fasern dieser Muskeln aber nehmen ihre Entstehung vom inneren Ende der dorsalen äussern Kiemenbogen[2]), und von da noch weiter nach innen übergreifend von der Aussenfläche des M. trapezius. Die 6 so entstandenen Muskellamellen inseriren sich je mit ihrer grössern innern Hälfte längs der Aussenseite des obern Mittelstücks des 1.—6. Kiemenbogens, unter spitzem Winkel an dasselbe tretend; die äussern Hälften gehen in den entsprechenden ventralen Abschnitt über.

Die oberflächlichen Ursprünge der ventralen Portionen (Taf. XV Fig. 5 u. 7, Csv_2—$_8$) stellen für Csv_3—$_8$ dünne und ziemlich schmale kurzsehnige Muskelbündel dar, welche nach aussen und vorn ziehen, dabei die ebenfalls fast rudimentären ventralen äusseren Kiemenbogen fast ganz in sich aufnehmend und umhüllend, und die äussere (hintere) Hälfte der Kiemenscheidewand bilden helfen. Die zwischen den beiderseitigen Ursprüngen liegende Aponeurose verschmälert sich wie schon erwähnt nach vorn und verschwindet zwischen den Unterkieferästen, wo die vorderste Portion, Csv_2, ihren Ursprung nimmt, vollständig, so dass hier die beiderseitigen Muskelfasern direct ineinander übergehen;

1) Der ganze Zungenbeinbogen ist bei Heptanchus beinah rudimentär und liegt mit Ausnahme seines obern und untern Endes der breiten Innenseite des Kieferbogens dicht an.

2) Diese sind bei Hept. sehr schwach ausgebildet; ihre äussern Hälften sind fast ganz in die Fasern des Constr. superfic., die innern in den M. trapezius und das nach innen von diesem liegende Bindegewebe eingebettet.

im Kinnwinkel schiebt sich wieder eine kurze linea alba zwischen dieselben ein.

Die tiefen Ursprünge (Taf. XIV Fig. 7 u. 9, $Csv\beta_3$—$_8$) kommen blos den zu den eigentlichen Kiemenbogen gehenden Portionen Csv_3—$_8$ zu. Dieselben nehmen ihre Entstehung als gesonderte dünne, aber ziemlich breite Muskellagen von der Seite eines starken Sehnenbandes, welches vom vordern ventralen Ende des Schultergürtels ausgehend in der Mediane nach vorn zieht und die gemeinschaftliche Ursprungssehne der ganzen ventralen Längsmusculatur darstellt. Die so entspringenden Portionen treten nun zwischen den zu den einzelnen Kiemenbogen gehenden Längsmuskeln oder durch dieselben hindurch, sie beinah unter rechtem Winkel kreuzend, und vereinigen sich bald an ihrem Aussenrande mit den entsprechenden oberflächlichen Ursprüngen.

Die Insertion ist für Csv_3—$_8$ dieselbe: mit der grösseren inneren Hälfte der Fasern unter spitzem Winkel am Aussenrande der untern Mittelstücke der Kiemenbogen, mit Ausschluss des innern Endes derselben, während die äussern Fasern in die entsprechenden des dorsalen Abschnittes übergehen. Csv_2 inserirt sich längs des ganzen untern Randes des Unterkiefers; vom mittleren Drittel der breiten Muskellamelle spaltet sich aber eine obere Lage ab (Taf. XV Fig. 5, $Csv\beta_2$), welche am untern Rande des Hyoidstückes des Zungenbeins sich befestigt. Die äussersten Fasern gehen wieder in diejenigen des obern Abschnittes über.

Alle Kiemenscheidewandmuskeln liegen mit dem grössten Theile ihres dorsalen und ventralen Abschnittes der Vorderseite der von den Mittelstücken der Kiemenbogen ausgehenden Kiemenstrahlen dicht auf. Am äusseren Ende der Mittelstücke, wo dem sie verbindenden Gelenk ein besonders starker Kiemenstrahl aufsitzt, treffen die Fasern des Muskels unter sehr stupfem Winkel zusammen und inseriren sich am obern und untern Rande des erwähnten Kiemenstrahls. Weiter nach aussen (hinten) hin nehmen die dorsalen und ventralen Fasern immer mehr gleiche Richtung an, um endlich am äusseren (hintern) Ende des Kiemenstrahls über diesen weg direct ineinander überzugehen. — Am Zungenbein liegen die schwachen Kiemenstrahlen mehr in der Tiefe, weshalb die mittleren Theile von Csd_2 und Csv_2 nur mit deren äusseren Enden leicht zusammenhängen; am Kiefergelenk schiebt sich statt des Kiemenstrahls eine mit der Kiefermuskelaponeurose zusammenhängende kleine sehnige Fläche zwischen den dorsalen und den ventralen Abschnitt ein. — Csd_1 endlich überzieht wenigstens, wie schon

erwähnt, die Vorderwand des Spritzlochcanals, welche die rudimentäre Kieme dieses Bogens, freilich hier ohne knorpelige Reste der Kiemenstrahlen trägt.

Der ganze eben beschriebene Muskelcomplex zeigt folgende Beziehungen zum Nervensystem:

Der Levator max. sup. wird durch ein Aestchen des R. max. inf. Trig. versorgt, welcher sich gleich nach dem Austritt des ganzen Nervenstammes aus dem Schädel nach hinten wendet; dasselbe Aestchen versorgt höchst wahrscheinlich auch den damit zusammenhängenden Theil des Constrictors, Csd_1 (dies genau zu ermitteln war wegen unvollständiger Erhaltung des Exemplars nicht möglich). Sämmtliche zum Zungenbeinbogen gehenden Theile, Csd_2 und Csv_2 werden innervirt durch den N. facialis, welcher, nachdem er einen schwachen Ast gleich hinter dem Spritzloch zur Aussenfläche des obersten Theiles von Csd_2 abgesendet, längs des Aussenrandes des obern Zungenbeinbogenstückes, nach innen und hinten von der Insertion von Csd_2, herunterläuft; sein vorderer stärkerer Ast giebt Zweige an Csd_2 ab, tritt am Kiefergelenk unterhalb der daselbst befindlichen Aponeurose nach aussen, um jedoch da, wo Csv_2 sich in die zwei Lagen für Unterkiefer und Hyoidstück des Zungenbeinbogens spaltet, nach innen zwischen dieselben einzudringen und längs der Innenseite des Unterkiefers bis zum Kinnwinkel zu gelangen; auf dem ganzen Wege versorgt er beide Lagen von Csv_2 mit zahlreichen Zweigen. — Cs_3 wird durch einen Ast des Glossopharyngeus, Cs_4—$_8$ je durch einen Ast des Vagus versorgt, welcher längs des innern Kiemenbogens auf der Vorderseite der Insertion des Kiemenscheidewandmuskels herunterläuft und zahlreiche unter beinah rechtem Winkel abgehende Zweige an denselben abgiebt.

Wirkung. Die Contraction des ganzen Constrictors verengert das Lumen der ganzen Mund- und Kiemenhöhle und schliesst die Kiemenspalten; die einzelnen Gruppen für sich können den Oberkiefer sammt dem Zungenbein, oder die Kiemenbogen heben, die Unterkieferäste einander nähern, den Boden der Mund- und Kiemenhöhle emporheben.

2) **M. trapezius** (Taf. XIV Fig. 1 u. 2 *Tr*).

Der Heber des Schultergürtels erscheint auf den ersten Blick als ein ganz selbständiger Muskel, lässt sich aber leicht als dem betrachteten System angehörig nachweisen.

Er entspringt vorn von einer tieferen Lage derselben dor-

salen Fascie, von welcher auch die vordersten Portionen des Constrictors ausgehen und in gleicher Höhe wie Csd_2 längs einer beinah horizontal nach hinten verlaufenden Linie, vorn bald hinter dem Schädel beginnend. Die von hier schief nach hinten und unten gehenden Fasern des Muskels werden also bedeckt durch die nach vorn und unten ziehenden Fasern von Csd_2, sodass hier dasselbe Verhältniss besteht, wie zwischen den hintersten Fasern von Csd_1 und den vordersten von Csd_2. — Der Ursprung des Trapezius erstreckt sich nach hinten als Fortsetzung der oben erwähnten sehnigen Linie bis zum hintern Ende des Constr. superf.; die Fasern kommen aber nicht mehr von der dorsalen Fascie, sondern von den queren stark sehnigen Septa der dorsalen Längsmusculatur, welche hier durch längsverlaufende Sehnenbündel untereinander verbunden sind. An gleicher Stelle entstehen die eine fast continuirliche, äusserst dünne, oberflächliche Schicht darstellenden sehnigen Anfänge der äussern Partieen von Csd_{3-8}, deren Verhalten schon oben besprochen wurde. —

Die Fasern der ziemlich mächtigen Muskellage ziehen parallel nach hinten und unten und inseriren sich an der Vorder- und Aussenseite des Schultergürtels, die grössere untere Hälfte des Scapulartheiles desselben einnehmend. — Die untersten vordersten Fasern aber trennen sich als schmales flaches Bündel ab (Taf. XIV Fig. 2 *Tr β*) und befestigen sich an der Oberseite des kurzen rudimentären letzten (7.) Kiemenbogens, welcher keine Kiemen mehr trägt und mit dem vorhergehenden fest verbunden ist.

Die Innervirung konnte wegen unvollständiger Erhaltung des Exemplars nicht ermittelt werden. — Wirkung: zieht den Schultergürtel und den letzten Kiemenbogen nach vorn und oben.

- - -

Es geht aus dem Bisherigen klar hervor, dass die betrachteten Muskeln sämmtlich Differencirungen eines und desselben Systems sind, welches ursprünglich aus einer bestimmten Anzahl gleichartiger serial homologer Bildungen bestand, deren einfachste Form sich wohl am getreuesten noch in Cs_{3-8} erhalten hat. Die bedeutende Umgestaltung der vordersten Visceralbogen bedingte entsprechende Veränderungen in den Muskeln. Unverändert aber musste sich die Innervirung der einzelnen Abtheilungen des Systems durch die jeweils den betreffenden Visceralbogen zukommenden Nerven erhalten, und sie allein kann den Maassstab abgeben für die Beurtheilung der Zugehörigkeit einer Muskelportion zu diesem oder jenem Visceralbogen: was in das Gebiet des 3. Astes

des Trigeminus fällt, gehört dem Kieferbogen, was vom Facialis versorgt wird, dem Zungenbeinbogen an u. s. w. Darum musste denn auch der ganze hinter dem Spritzloch liegende und zum Oberkiefer gehende Abschnitt ebenso wie der zwischen den Unterkieferhälften ausgespannte Theil des Constrictors doch dem Zungenbeinbogen zuerkannt und demzufolge mit Cs_2 bezeichnet werden. Jede eingehendere Besprechung dieser Punkte wird jedoch besser erst nach der Beschreibung der übrigen untersuchten Formen ihren Platz finden, so namentlich auch Alles, was sich auf die Beurtheilung des M. trapezius bezieht.

B. Acanthias.

Die Oeffnungen, durch welche die Kiementaschen nach aussen münden, haben sich hier von den weiten Spalten bei Heptanchus auf 5 seitlich gelegene spitz-ovale Löcher reducirt. Das obere Gliedstück des Zungenbeinbogens hat sich zum eigentlichen Hyomandibulare ausgebildet: es trägt neben dem untern Gliede seines eigenen Bogens noch den ganzen Kieferbogen, dessen verkümmerter Quadrattheil die Verbindung mit dem Postorbitalfortsatz des Schädels längst aufgegeben hat, während sein Gaumentheil, der jetzt die Hauptmasse des ganzen Oberkiefers darstellt, durch das Palatobasalgelenk eine secundäre Beziehung zum Schädel erworben hat. Seiner Aussenseite liegen ein Prämaxillar- und ein Maxillarknorpel auf; dem untern Ende des letzteren fügt sich ein kleiner Prämandibularknorpel an.

1) M. constrictor superficialis. (Taf. XIV Fig. 3, Taf. XV Fig. 6, 8, 10 Cs_{2-6}).

a) Dorsaler Abschnitt.

Der Ursprung der ersten Portion, Csd_2, beginnt vorn an der obern äussern Kante der Occipitalregion des Schädels und setzt sich in eine stark sehnige Linie fort, welche mit schwacher Senkung nach hinten verläuft: es ist die seitliche Grenze der oberflächlichen dorsalen Fascie, die gerade an dieser Stelle sehr fest mit dem äusseren Rande des lateralen Septums (welches den dorsalen Theil der Stammmusculatur vom ventralen scheidet) verwachsen ist und eine zum Rumpf gehende Schleimröhre von innen her umgiebt. Diese sehnige Linie setzt sich nach hinten schwächer werdend in den Ursprung des M. trapezius fort, die hintern Fasern von Csd_2 dagegen entstehen (ohne jedoch von den vordern irgend sonstwie abgegrenzt zu sein) von einer ziemlich schmalen

b) Ventraler Abschnitt (s. Taf. XV Fig. 6).

Wenn man nach Ablösung der Haut den Kopf von Acanthias von unten betrachtet, so zeigen sich an dessen hinterem Ende zwei zu beiden Seiten der Mittellinie liegende, der ventralen Längsmusculatur angehörige kurze massige Muskeln, *Cac*, welche von der Vorderseite des Coracoidtheiles des Schultergürtels und von der Unterfläche einer starken Fascie kommen, die sich zwischen der Vorderseite des Schultergürtels und der Unterseite der medialen Enden der innern Kiemenbogen ausspannt, die Herzhöhle von unten begrenzend. Jene beiden Muskeln ziehen convergirend nach vorn, um sich bald durch eine starke besonders auf ihrer Unterfläche ausgebreitete Sehnenmasse zu vereinigen. Von der hintern Grenze der so gebildeten sehnigen Unterfläche der vereinigten Muskeln entspringt nun ein bald sehr schmal werdender Sehnenstreif, welcher in der Mediane nach vorn verläuft und sich in der Nähe der Symphyse der beiden Unterkieferhälften allmählig verliert. Er repräsentirt offenbar die entsprechend gelegene breite Aponeurose bei Heptanchus; während aber hier die oberflächlichen Portionen des ganzen ventralen Abschnittes des Constrictor superfic. davon entsprangen, giebt der Sehnenstreif bei Acanthias, entsprechend seiner geringeren Längsausdehnung, eigentlich nur der vordersten Portion, Csv_2, den Ursprung. Die Fasern gehen beiderseits schief nach vorn und aussen davon ab, hinten unter sehr spitzem Winkel, der sich aber nach vorne hin immer mehr einem rechten nähert, bis sie endlich in der Kinngegend, wo der Sehnenstreif verschwunden ist, von beiden Seiten direct ineinander übergehen. — Die so gebildete dünne Muskellage findet mit dem grössern vordern Theil ihrer Fasern Befestigung am hintern Rande des Unterkiefers, von der medianen Symphyse an bis ungefähr 8 Mm. vor dessen hinterem Ende. Die nach hinten auf diesen Theil folgenden Fasern heben sich von den vorhergehenden nach aussen hin ab und gehen in eine breite dünne Fascie über, welche fast die ganze Aussenfläche des M. adductor mandibulae überzieht und allmählig in den Fasern desselben sich verliert, theilweise auch, namentlich an ihrem unteren Rande, den letzteren direct als Ursprung dient. Daran schliessen sich die hintersten Theile der erwähnten Muskellamelle, welche in den untern Rand der oben beschriebenen vom Kiefergelenk nach hinten ziehenden breiten Aponeurose eintreten; und auf diese folgen endlich die den Kiemendeckel des ersten Kiemenloches überziehenden Fasern, welche von dem vom untern Ende dieses Loches ventralwärts ver-

laufenden schwachen Sehnenstreifen entpringen und mit gebogenem Verlaufe in die hinterste Partie des dorsalen Abschnittes übergehen. — Das mittlere Drittel dieser breiten Muskelschicht, wo dieselbe zugleich am mächtigsten ist, spaltet sich aber lateral ganz wie bei Heptanchus in zwei Lamellen: nach innen von der zur hintern Hälfte des Unterkiefers und zum grossen Kiefermuskel gehenden Portion trennt sich von dieser eine etwa 15 Mm. breite dünne Muskellage von gleichem Faserverlaufe ab, die sich kurzsehnig an einem ziemlich scharfen nach aussen vorspringenden Wulst der Aussenfläche des Hyoidstücks des Zungenbeinbogens befestigt. (Diese Insertionsstelle s. Taf. XV Fig. 8, $Csv\beta_2$).

Csv_3—$_5$ entspringen zum grössten Theil jeweils von dem Sehnenstreifen, welcher von jedem Kiemenloche herunterzieht, Csv_6 von einem starken Band, welches dem Aussenrand des Schultergürtels aufliegt. — Die untersten Bündel von Csv_3 aber nehmen ihren Ursprung als schmale dünne Sehne zur Seite der hintersten Fasern von Csv_2 von der sehnigen Unterfläche des ventralen Längsmuskels. — Je die untersten Bündel von Csv_4—$_6$ endlich kommen von einer sehr dünnen kurzen Aponeurose, die vom Aussenrande der oben erwähnten der ventralen Längsmusculatur als Ursprungsfläche dienenden Fascie ausgeht; sie bedeckt von unten her die inneren verbreiterten Enden der ventralen äusseren Kiemenbogen und nimmt die medialen Endigungen der nach aussen von jenen herunterlaufenden Sehnenstreifen in sich auf.

Insertion von Csv_3—$_6$ jeweils hauptsächlich am nächst vorderen Sehnenstreifen; je die obersten Fasern gehen direct in den dorsalen Abschnitt über.

Innervirung. Die ganze vorderste Portion Cs_2 wird durch den N. facialis versorgt. Derselbe gelangt am Hinterrande des Spritzlochs auf die Aussenfläche des Muskels und giebt (abgesehen von den dem nächst vorderen Visceralbogen zukommenden Rr. mandibulares) gleich einige Aeste ab, welche sich nach hinten hin verbreiten, dann einen etwas grösseren, welcher oberhalb der breiten Aponeurose des Muskels in diesen eindringt; der Hauptstamm des Nerven verläuft in der Furche zwischen Hyomandibulare und Oberkiefer nach hinten und unten, um sich am Kiefergelenk in drei ziemlich gleich starke Aeste aufzulösen. Der hinterste verzweigt sich oberflächlich auf dem unter und hinter der breiten Aponeurose gelegenen Theil des Muskels, der mittlere und der vordere gehen nach innen von dem zum Kiefermuskel tretenden Bündel zur Innenseite des Muskels; jene [illegible] die bei-

den zum Unterkiefer und zum Hyoidstück des Zungenbeinbogens gehenden Lamellen ein und versorgt hauptsächlich die letztere, dieser verläuft der Innenseite des Unterkiefers entlang nach vorn und unten, giebt Zweige an die vordersten Partieen von Csv_2 ab und gelangt endlich zur Schleimhaut des Bodens der Mundhöhle.

Ueber die Innervirung der übrigen Portionen konnte nichts Sicheres ermittelt werden.

Die Wirkung des ganzen Complexes ist im Allgemeinen dieselbe wie bei Heptanchus: Verengerung der Kiemenhöhle und Schliessung der Kiemenlöcher; die vordern Partieen von Csd_2 mögen wohl auch zur Hebung des Zungenbein- und Kieferbogens beitragen.

2) Mm. interbranchiales (*Jbr*).

Wenn man den oberflächlichen Constrictor sorgfältig abpräparirt, so erscheinen die Kiementaschen nach aussen hin ober- und unterhalb der Kiemenlöcher durch äusserst zarte Häutchen verschlossen, die von einem äusseren Kiemenbogen zum andern ziehen und jeweils längs des Vorderrandes dieser letzteren den schon oben mehrfach erwähnten Sehnenstreifen in sich aufnehmen, welcher die Ursprungs- und Insertionsstelle für den grössten Theil der oberflächlichen Musculatur darstellt. Werden nun die Kiemenscheidewände frei präparirt, indem man die Aussenwände und die damit zusammenhängenden Seitenwände der Kiementaschen, welche aus den Kiemenblättchenreihen bestehen, ablöst, so zeigt sich, dass die ganze Scheidewand zwischen je zwei Kiementaschen blos von einer sehr dünnen Muskelschicht gebildet wird, die zwischen äusseren und inneren Kiemenbogen ausgespannt ist. — Das genauere Verhalten dieses M. interbranchialis ist folgendes (vgl. Taf. XV Fig. 10 Jbr_2—$_4$):

Die Fasern desselben entspringen ventral, eine dünne Platte darstellend, von dem nach aussen und vorn gerichteten Rande des breiten inneren Endes der ventralen äusseren Kiemenbogen [1]), in geringem Maasse auch noch von dem dicht daran stossenden innern hintern Rande des nächst vordern äusseren Bogens,

1) Diese verbreitern sich nämlich an ihrem medialen Ende plötzlich zu einer dünnen Knorpelplatte, die sich sogleich nach vorn, innen und oben umbiegt; die vordersten derselben liegen dabei dem äussern obern Rande der ventralen Längsmuskeln, die hintern der obern Fläche der zwischen sie und die Längsmuskeln sich einschiebenden Aponeurose dicht auf, welche den gemeinsamen Ursprung je der untersten Fasern von Csv_4—$_6$ darstellt.

und von dem beide Ränder verbindenden schwachen Ligament. Die so gebildete dünne Muskelschicht zieht nun schief nach aussen und oben, über die Vorderseite der Kiemenstrahlen weg, wobei sie denselben fest aufliegt und ihre äusseren Enden auch von hinten her umgreift. Die Fasern inseriren sich dann unter sehr spitzem Winkel am vordern Rande der innern Kiemenbogen. An sie schliessen sich nach aussen noch zahlreiche Fasern an, welche von dem längs des äusseren Kiemenbogens verlaufenden Sehnenstreifen kommen; diese gelangen aber grösstentheils nicht mehr zum inneren Kiemenbogen, sondern gehen direct in den dorsalen Abschnitt über; sie bilden den am meisten lateralwärts gelegenen, die von den zusammenstossenden Enden des obern und untern Mittelstücks der Kiemenbogen ausgehenden Kiemenstrahlen überziehenden Theil der Kiemenscheidewand, und an sie schliessen sich nach aussen (hinten) ohne jede bestimmbare Grenze diejenigen Fasern des Constrictor superficialis an, welche vom dorsalen Abschnitt der nächst hinteren Interbranchialportion desselben in den ventralen Abschnitt direct übergehen, d. h. den Kiemendeckel für das Kiemenloch des nächst hintern Interbranchialraumes bilden helfen.

Im dorsalen Abschnitte des Kiemenscheidewandmuskels wiederholt sich genau das Verhalten des ventralen Abschnittes, nur mit umgekehrter Verlaufsrichtung der Fasern: von dem nach innen und etwas nach unten und vorn umgebogenen plattenförmig verbreiterten obern Ende der dorsalen äussern Kiemenbogen, sowie von dem daran stossenden Hinterrand des nächst vorderen Bogens und dem beide verbindenden Ligament, und weiter nach unten von dem längs des äusseren Kiemenbogens herunterlaufenden Sehnenstreifen entspringend, gelangen die Fasern, nach unten und innen ziehend, grösstentheils unter spitzem Winkel an die Aussenseite des obern Mittelstücks des inneren Kiemenbogens, mit dem kleineren äussersten Theile aber gehen sie in die entsprechenden Portionen des ventralen Abschnitts über.

So findet sich der M. interbranchialis am 1. bis 4. Kiemenbogen, dagegen nicht am Zungenbeinbogen, welcher zwar dorsale und ventrale äussere Bogenstücke besitzt, wo aber die vordersten Portionen des Constrictor superficialis, Csd_2 und Csv_2, den Kiemenstrahlen dicht aufliegen und demnach genau in der gleichen Beziehung zu denselben stehen, wie der Scheidewandmuskel zu den Kiemenstrahlen der eigentlichen Kiemenbogen, — und nicht am 5. Kiemenbogen, dem überhaupt weder Kiemenstrahlen noch äussere Kiemenbogen mehr zukommen. —

Innervirung: Der Scheidewandmuskel des 1. Kiemenbogens wird durch den hinteren stärkeren Zweig des Glossopharyngeus, die Muskeln des 2.—4. Bogens von den entsprechenden Zweigen der die betreffenden Interbranchialräume versorgenden Vagusäste innervirt[1]). Diese Zweige verlaufen jeweils auf der Vorderseite des Scheidewandmuskels zunächst seiner Insertion am inneren Kiemenbogen herunter und geben dabei zahlreiche feine Aestchen ab, welche schief nach aussen und unten tretend auf dem Muskel sich verbreiten. —

Zwischen der Insertionslinie des Muskels am Vorderrand des Kiemenbogens, und der Basis der Kiemenstrahlen, welche dem Hinterrand des Bogens aufsitzen, verläuft die Kiemenarterie von unten nach oben, und im gleichen Raume sammelt sich allmählig die Kiemenvene an.

Die Wirkung der Scheidewandmuskeln kann nur in einer Verkürzung der ganzen Kiemenscheidewand bestehen, in Folge deren dieselbe sich gegen die nächst hintere anlegen muss, was also die Wirkung des oberflächlichen Constrictors, speciell die Schliessung der Kiemenlöcher, unterstützt und ergänzt.

3) **M. levator maxillae sup.** (Taf. XIV Fig. 3 *Lms*).

Er stellt ein ziemlich breites, mässig dickes Muskelbündel dar, welches vom obern äussern Rande der Occipitalregion des Schädels und den zunächst daran grenzenden Theilen der Aussenfläche derselben Region entspringt, von der hintern äussern Schädelecke nach vorn bis zur Basis des Postorbitalfortsatzes sich ausdehnend, in seiner vordern Hälfte mächtiger als in der hintern. Er verläuft vor dem Spritzloch herunter zum Oberkiefer, und zwar so, dass seine Hauptmasse, mehr nach innen ziehend und ihre breite Fläche nach aussen kehrend, an der Basis des Gaumenfortsatzes des Oberkiefers, an dessen oberem abgerundetem Rande sich inserirt; während die hintere eben so breite aber viel weniger dicke Portion die vordere Spritzlochwand überzieht, deshalb ihre breite Fläche beinah rechtwinklig zur vorigen Portion gerade nach vorn kehrt und sich kurzsehnig an der Innenfläche der Basis des kurzen Quadrattheils des Oberkiefers befestigt. Die beiden Spritzlochknorpel, welche fast senkrecht zum Faserverlauf dieser Partie

1) Der vordere schwächere Zweig des Glossopharyngeus resp. der Vagusäste verläuft der Hinterseite des nächst vorderen Visceralbogens entlang herunter; vergl. Stannius, das peripherische Nervensystem der Fische, S. 79.

nach aussen gerichtet sind, lagern sich dabei ihrer hintern Fläche dicht an, so dass diese zu den Spritzlochknorpeln genau in dieselbe Beziehung tritt, wie sie zwischen den Mm. interbranch. und den knorpeligen Radien der Kiemenbogen, oder zwischen Csd_2 und Csv_2 und den Radien des Zungenbeinbogens besteht. Die hintersten Fasern des Muskels begrenzen also auch das spaltförmige Spritzloch von vorn. — Die beiden erwähnten Portionen des Muskels stehen zwar in der obern Hälfte in innigem Zusammenhang, trennen sich aber unten mehr oder weniger, indem die erste etwas nach innen, die zweite mehr nach aussen sich wendet.

Innervirung: Durch ein kleines Nervenästchen, welches unmittelbar nach dem Austritt des dritten Trigeminusastes aus dem Schädel von demselben sich ablöst, unter dem Postorbitalfortsatz nach hinten geht und auf der Aussenfläche des Muskels sich verzweigt.

Wirkung: Hebt den Oberkiefer gegen den Schädel.

4) M. trapezius.

Breiter, mässig dicker Muskel, in Form, Ursprung und Ansatz ziemlich mit dem gleichnamigen Muskel von Heptanchus übereinstimmend.

Er entspringt von der Seite der dorsalen Längsmuskeln in einer Linie, welche nach hinten und etwas nach unten zieht und sich von der Gegend des ersten Kiemenbogens bis zum Schultergürtel ausdehnt. Die vorderste Portion nimmt ihre Entstehung noch deutlich von der Fascia dors. superfic.; dieselbe verliert sich aber weiter nach hinten vollständig als gesonderte Bildung und scheint mit dem Integumente zu verschmelzen; der übrige Theil des Muskels entspringt nur von einem die Ursprungslinie darstellenden Sehnenbande, welches bei jeder Kreuzung mit einem unterliegenden queren Septum des Rückenmuskels fest mit diesem verbunden ist und sich durch von demselben ausgehende Sehnenfasern verstärkt. In unmittelbarer Nähe des Schultergürtels werden die Muskelfasern immer spärlicher, bis schliesslich nur eine kurze Aponeurose übrig bleibt.

Die Fasern der so entstandenen breiten Muskellage ziehen etwas convergirend nach hinten, unten und aussen; an fünf Stellen treten dabei die oben erwähnten sehnigen Ursprünge von Csd_{2-6} durch spaltförmige Lücken des Muskels nach innen und oben durch.

Der göss[illegible] ·ls inserirt sich kurzsehnig an

flachen Sehne, welche, die vordersten Faserbündel des Trapezius schief durchsetzend, oberhalb des lateralen Septums und noch oberhalb des Vagus und der ersten Spinalnerven in den dorsalen Theil der Stammmusculatur eindringt und schief nach innen und hinten durch dieselbe hindurchgeht, wobei sie sich in breite dünne immer weiter auseinandergehende sehnige Bündel auflöst und zugleich mit den nach aussen und hinten verlaufenden queren Septa der Stammmusculatur jeweils fest verwächst. Ihre Insertion findet sie endlich in Gestalt einer breiten sehr dünnen aponeurotischen Platte an der Seite der breiten durch starke Bänder verbundenen Neuralbogen der Wirbelsäule, oberhalb der Nervenaustrittstellen. — Neben und nach innen jedoch von den Fasern, welche auf die eben geschilderte Weise ihre Entstehung nehmen, entspringen noch wenige andere vom Vorderrande des plattenförmig verbreiterten obern Endes des zweiten äusseren Kiemenbogens, welches sich dicht hinter jener schmalen Sehne nach vorn und innen wendet, um durch sehniges Bindegewebe vorn mit dem verkümmerten ersten, hinten mit dem dritten äusseren Kiemenbogen und innen mit dem ersten inneren Kiemenbogen Verbindung zu finden. — Die hintersten Fasern von Csd_2 endlich entspringen als dünne breite Muskelschicht von einem Sehnenstreifen, welcher vom hintern Rand der oben erwähnten schmalen Sehne herunter bis zur obern Ecke des ersten Kiemenloches verläuft und gleichzeitig als Insertionsstelle für den grössten Theil der nächst hintern Portion des Constrictors dient [1]).

Dasselbe gilt nun, mit Ausnahme des über die vorderste Portion von Csd_2 Gesagten, auch für die folgenden Theile des Constrictors: je die vordersten und medialsten Fasern entspringen von dem obern Ende des entsprechenden äussern Kiemenbogens, die nach hinten darauf folgenden von einer schmalen dünnen Sehne, welche durch eine spaltförmige Lücke des M. trapezius nach innen, hinten und oben in die dorsale Längsmusculatur hinein, und sich verbreiternd bis zur Wirbelsäule vordringt; je die hintersten Fa-

1) Dieser Sehnenstreifen wiederholt sich in ganz gleicher Weise über dem 2.—4. Kiemenloch und ebenso ventral unterhalb des 1.—4., obwohl hier minder scharf ausgebildet: überall bezeichnet er unzweifelhaft die Stelle, wo die ursprünglich in ihrer ganzen Ausdehnung freien Ränder der Kiemenscheidewände, wie sie bei Heptanchus noch bestehen, mit der Aussenfläche der nächst hinteren Scheidewand verwachsen sind; dem entsprechend liegen auch dicht unter den einzelnen Streifen und fest denselben adhärirend die äusseren Kiemenbogen.

sern endlich, welche übrigens die grössere Hälfte der ganzen Portion darstellen, kommen von dem beschriebenen über den äusseren Kiemenbogen herunterlaufenden Sehnenstreifen. — Bei Csd_6 entspringen die obersten Fasern von einer kurzen Sehne, welche den Trapezius zunächst seiner Insertion am Schultergürtel durchsetzt und sich gleich hinter derselben an der Innenseite des letzteren befestigt; die untere Hälfte der Portion nimmt als äusserst dünne Muskelschicht ihren Ursprung kurzsehnig von der Aussenseite des Schultergürtels unterhalb der Insertion des Trapezius an demselben.

Insertion. Der vorderste ziemlich mächtige und breite Theil von Csd_2 befestigt sich, über die nach hinten und aussen gewendete Fläche des Hyomandibulare wegziehend, kurzsehnig an dessen vorderem lateralem Rande, von dem obern hinter dem Spritzloch vorspringenden Winkel an bis zum untern hintern Ende desselben, und am obern verdickten Ende des Hyoidstückes, hier mit längerem sehr dünnem sehnigem Ansatz. — Das vorderste Bündel dieser Portion jedoch, welches das Spritzloch von hinten begrenzt, hebt sich nach aussen und vorn vom übrigen Muskel ab und inserirt sich sehnig an der obern hintern Ecke des Quadrattheils des Oberkiefers.

Die an den erst erwähnten Theil sich anschliessende flachere hintere Hälfte von Csd_2 geht in eine breite vom Kiefergelenk aus horizontal nach hinten beinah bis zum ersten Kiemenloche sich ausdehnende Aponeurose über, welche den mittleren Kiemenstrahlen des Zungenbeinbogens fest aufliegt. — Die vom untern Ende des oben erwähnten über dem ersten Kiemenloche endigenden Sehnenstreifens kommenden Fasern endlich gehen mit geschwungenem allmählig nach hinten und unten sich wendendem Verlaufe direct in die hintersten Fasern des ventralen Abschnittes von Cs_2 über, helfen also wesentlich den Kiemendeckel für das erste Kiemenloch bilden.

Die folgenden vier Portionen Csd_3—$_6$ inseriren sich übereinstimmend mit ihrem grössern obern Theil an dem Sehnenstreifen, welcher einem Theile der nächst vorhergehenden Portion als Ursprung dient, unter einem nach unten immer spitzer werdenden Winkel; während jeweils die untersten Fasern über das betreffende Kiemenloch wegziehend sich nach hinten und unten wenden und in den entsprechenden Theil des ventralen Abschnittes übergehen.

b) Ventraler Abschnitt (s. Taf. XV Fig. 6).

Wenn man nach Ablösung der Haut den Kopf von Acanthias von unten betrachtet, so zeigen sich an dessen hinterem Ende zwei zu beiden Seiten der Mittellinie liegende, der ventralen Längsmusculatur angehörige kurze massige Muskeln, *Cac*, welche von der Vorderseite des Coracoidtheiles des Schultergürtels und von der Unterfläche einer starken Fascie kommen, die sich zwischen der Vorderseite des Schultergürtels und der Unterseite der medialen Enden der innern Kiemenbogen ausspannt, die Herzhöhle von unten begrenzend. Jene beiden Muskeln ziehen convergirend nach vorn, um sich bald durch eine starke besonders auf ihrer Unterfläche ausgebreitete Sehnenmasse zu vereinigen. Von der hintern Grenze der so gebildeten sehnigen Unterfläche der vereinigten Muskeln entspringt nun ein bald sehr schmal werdender Sehnenstreif, welcher in der Mediane nach vorn verläuft und sich in der Nähe der Symphyse der beiden Unterkieferhälften allmählig verliert. Er repräsentirt offenbar die entsprechend gelegene breite Aponeurose bei Heptanchus; während aber hier die oberflächlichen Portionen des ganzen ventralen Abschnittes des Constrictor superfic. davon entsprangen, giebt der Sehnenstreif bei Acanthias, entsprechend seiner geringeren Längsausdehnung, eigentlich nur der vordersten Portion, Csv_2, den Ursprung. Die Fasern gehen beiderseits schief nach vorn und aussen davon ab, hinten unter sehr spitzem Winkel, der sich aber nach vorne hin immer mehr einem rechten nähert, bis sie endlich in der Kinngegend, wo der Sehnenstreif verschwunden ist, von beiden Seiten direct ineinander übergehen. — Die so gebildete dünne Muskellage findet mit dem grössern vordern Theil ihrer Fasern Befestigung am hintern Rande des Unterkiefers, von der medianen Symphyse an bis ungefähr 8 Mm. vor dessen hinterem Ende. Die nach hinten auf diesen Theil folgenden Fasern heben sich von den vorhergehenden nach aussen hin ab und gehen in eine breite dünne Fascie über, welche fast die ganze Aussenfläche des M. adductor mandibulae überzieht und allmählig in den Fasern desselben sich verliert, theilweise auch, namentlich an ihrem unteren Rande, den letzteren direct als Ursprung dient. Daran schliessen sich die hintersten Theile der erwähnten Muskellamelle, welche in den untern Rand der oben beschriebenen vom Kiefergelenk nach hinten ziehenden breiten Aponeurose eintreten; und auf diese folgen endlich die den Kiemendeckel des ersten Kiemenloches überziehenden Fasern, welche von dem vom untern Ende dieses Loches ventralwärts ver-

laufenden schwachen Sehnenstreifen entpringen und mit gebogenem Verlaufe in die hinterste Partie des dorsalen Abschnittes übergehen. — Das mittlere Drittel dieser breiten Muskelschicht, wo dieselbe zugleich am mächtigsten ist, spaltet sich aber lateral ganz wie bei Heptanchus in zwei Lamellen: nach innen von der zur hintern Hälfte des Unterkiefers und zum grossen Kiefermuskel gehenden Portion trennt sich von dieser eine etwa 15 Mm. breite dünne Muskellage von gleichem Faserverlaufe ab, die sich kurzsehnig an einem ziemlich scharfen nach aussen vorspringenden Wulst der Aussenfläche des Hyoidstücks des Zungenbeinbogens befestigt. (Diese Insertionsstelle s. Taf. XV Fig. 8, $Csv\beta_2$).

Csv_3—$_5$ entspringen zum grössten Theil jeweils von dem Sehnenstreifen, welcher von jedem Kiemenloche herunterzieht, Csv_6 von einem starken Band, welches dem Aussenrand des Schultergürtels aufliegt. — Die untersten Bündel von Csv_3 aber nehmen ihren Ursprung als schmale dünne Sehne zur Seite der hintersten Fasern von Csv_2 von der sehnigen Unterfläche des ventralen Längsmuskels. — Je die untersten Bündel von Csv_4—$_6$ endlich kommen von einer sehr dünnen kurzen Aponeurose, die vom Aussenrande der oben erwähnten der ventralen Längsmusculatur als Ursprungsfläche dienenden Fascie ausgeht; sie bedeckt von unten her die inneren verbreiterten Enden der ventralen äusseren Kiemenbogen und nimmt die medialen Endigungen der nach aussen von jenen herunterlaufenden Sehnenstreifen in sich auf.

Insertion von Csv_2—$_6$ jeweils hauptsächlich am nächst vorderen Sehnenstreifen; je die obersten Fasern gehen direct in den dorsalen Abschnitt über.

Innervirung. Die ganze vorderste Portion Cs_2 wird durch den N. facialis versorgt. Derselbe gelangt am Hinterrande des Spritzlochs auf die Aussenfläche des Muskels und giebt (abgesehen von den dem nächst vorderen Visceralbogen zukommenden Rr. mandibulares) gleich einige Aeste ab, welche sich nach hinten hin verbreiten, dann einen etwas grösseren, welcher oberhalb der breiten Aponeurose des Muskels in diesen eindringt; der Hauptstamm des Nerven verläuft in der Furche zwischen Hyomandibulare und Oberkiefer nach hinten und unten, um sich am Kiefergelenk in drei ziemlich gleich starke Aeste aufzulösen. Der hinterste verzweigt sich oberflächlich auf dem unter und hinter der breiten Aponeurose gelegenen Theil des Muskels, der mittlere und der vordere gehen nach innen von dem zum Kiefermuskel tretenden Bündel zur Innenseite des Muskels; jener dringt zwischen die bei-

flachen Sehne, welche, die vordersten Faserbündel des Trapezius schief durchsetzend, oberhalb des lateralen Septums und noch oberhalb des Vagus und der ersten Spinalnerven in den dorsalen Theil der Stammmusculatur eindringt und schief nach innen und hinten durch dieselbe hindurchgeht, wobei sie sich in breite dünne immer weiter auseinandergehende sehnige Bündel auflöst und zugleich mit den nach aussen und hinten verlaufenden queren Septa der Stammmusculatur jeweils fest verwächst. Ihre Insertion findet sie endlich in Gestalt einer breiten sehr dünnen aponeurotischen Platte an der Seite der breiten durch starke Bänder verbundenen Neuralbogen der Wirbelsäule, oberhalb der Nervenaustrittsstellen. — Neben und nach innen jedoch von den Fasern, welche auf die eben geschilderte Weise ihre Entstehung nehmen, entspringen noch wenige andere vom Vorderrande des plattenförmig verbreiterten obern Endes des zweiten äusseren Kiemenbogens, welches sich dicht hinter jener schmalen Sehne nach vorn und innen wendet, um durch sehniges Bindegewebe vorn mit dem verkümmerten ersten, hinten mit dem dritten äusseren Kiemenbogen und innen mit dem ersten inneren Kiemenbogen Verbindung zu finden. — Die hintersten Fasern von *Csd*$_2$ endlich entspringen als dünne breite Muskelschicht von einem Sehnenstreifen, welcher vom hintern Rand der oben erwähnten schmalen Sehne herunter bis zur obern Ecke des ersten Kiemenloches verläuft und gleichzeitig als Insertionsstelle für den grössten Theil der nächst hintern Portion des Constrictors dient[1]).

Dasselbe gilt nun, mit Ausnahme des über die vorderste Portion von *Csd*$_2$ Gesagten, auch für die folgenden Theile des Constrictors: je die vordersten und medialsten Fasern entspringen von dem obern Ende des entsprechenden äussern Kiemenbogens, die nach hinten darauf folgenden von einer schmalen dünnen Sehne, welche durch eine spaltförmige Lücke des M. trapezius nach innen, hinten und oben in die dorsale Längsmusculatur hinein, und sich verbreiternd bis zur Wirbelsäule vordringt; je die hintersten Fa-

1) Dieser Sehnenstreifen wiederholt sich in ganz gleicher Weise über dem 2.—4. Kiemenloch und ebenso ventral unterhalb des 1.—4., obwohl hier minder scharf ausgebildet: überall bezeichnet er unzweifelhaft die Stelle, wo die ursprünglich in ihrer ganzen Ausdehnung freien Ränder der Kiemenscheidewände, wie sie bei Heptanchus noch bestehen, mit der Aussenfläche der nächst hinteren Scheidewand verwachsen sind; dem entsprechend liegen auch dicht unter den einzelnen Streifen und fest denselben adhärirend die äusseren Kiemenbogen.

sern endlich, welche übrigens die grössere Hälfte der ganzen Portion darstellen, kommen von dem beschriebenen über den äusseren Kiemenbogen herunterlaufenden Sehnenstreifen. — Bei Csd_6 entspringen die obersten Fasern von einer kurzen Sehne, welche den Trapezius zunächst seiner Insertion am Schultergürtel durchsetzt und sich gleich hinter derselben an der Innenseite des letzteren befestigt; die untere Hälfte der Portion nimmt als äusserst dünne Muskelschicht ihren Ursprung kurzsehnig von der Aussenseite des Schultergürtels unterhalb der Insertion des Trapezius an demselben.

Insertion. Der vorderste ziemlich mächtige und breite Theil von Csd_2 befestigt sich, über die nach hinten und aussen gewendete Fläche des Hyomandibulare wegziehend, kurzsehnig an dessen vorderem lateralem Rande, von dem obern hinter dem Spritzloch vorspringenden Winkel an bis zum untern hintern Ende desselben, und am obern verdickten Ende des Hyoidstückes, hier mit längerem sehr dünnem sehnigem Ansatz. — Das vorderste Bündel dieser Portion jedoch, welches das Spritzloch von hinten begrenzt, hebt sich nach aussen und vorn vom übrigen Muskel ab und inserirt sich sehnig an der obern hintern Ecke des Quadrattheils des Oberkiefers.

Die an den erst erwähnten Theil sich anschliessende flachere hintere Hälfte von Csd_2 geht in eine breite vom Kiefergelenk aus horizontal nach hinten beinah bis zum ersten Kiemenloche sich ausdehnende Aponeurose über, welche den mittleren Kiemenstrahlen des Zungenbeinbogens fest aufliegt. — Die vom untern Ende des oben erwähnten über dem ersten Kiemenloche endigenden Sehnenstreifens kommenden Fasern endlich gehen mit geschwungenem allmählig nach hinten und unten sich wendendem Verlaufe direct in die hintersten Fasern des ventralen Abschnittes von Cs_2 über, helfen also wesentlich den Kiemendeckel für das erste Kiemenloch bilden.

Die folgenden vier Portionen Csd_3—$_6$ inseriren sich übereinstimmend mit ihrem grössern obern Theil an dem Sehnenstreifen, welcher einem Theile der nächst vorhergehenden Portion als Ursprung dient, unter einem nach unten immer spitzer werdenden Winkel; während jeweils die untersten Fasern über das betreffende Kiemenloch wegziehend sich nach hinten und unten wenden und in den entsprechenden Theil des ventralen Abschnittes übergehen.

b) Ventraler Abschnitt (s. Taf. XV Fig. 6).

Wenn man nach Ablösung der Haut den Kopf von Acanthias von unten betrachtet, so zeigen sich an dessen hinterem Ende zwei zu beiden Seiten der Mittellinie liegende, der ventralen Längsmusculatur angehörige kurze massige Muskeln, *Cac*, welche von der Vorderseite des Coracoidtheiles des Schultergürtels und von der Unterfläche einer starken Fascie kommen, die sich zwischen der Vorderseite des Schultergürtels und der Unterseite der medialen Enden der innern Kiemenbogen ausspannt, die Herzhöhle von unten begrenzend. Jene beiden Muskeln ziehen convergirend nach vorn, um sich bald durch eine starke besonders auf ihrer Unterfläche ausgebreitete Sehnenmasse zu vereinigen. Von der hintern Grenze der so gebildeten sehnigen Unterfläche der vereinigten Muskeln entspringt nun ein bald sehr schmal werdender Sehnenstreif, welcher in der Mediane nach vorn verläuft und sich in der Nähe der Symphyse der beiden Unterkieferhälften allmählig verliert. Er repräsentirt offenbar die entsprechend gelegene breite Aponeurose bei Heptanchus; während aber hier die oberflächlichen Portionen des ganzen ventralen Abschnittes des Constrictor superfic. davon entsprangen, giebt der Sehnenstreif bei Acanthias, entsprechend seiner geringeren Längsausdehnung, eigentlich nur der vordersten Portion, Csv_2, den Ursprung. Die Fasern gehen beiderseits schief nach vorn und aussen davon ab, hinten unter sehr spitzem Winkel, der sich aber nach vorne hin immer mehr einem rechten nähert, bis sie endlich in der Kinngegend, wo der Sehnenstreif verschwunden ist, von beiden Seiten direct ineinander übergehen. — Die so gebildete dünne Muskellage findet mit dem grössern vordern Theil ihrer Fasern Befestigung am hintern Rande des Unterkiefers, von der medianen Symphyse an bis ungefähr 8 Mm. vor dessen hinterem Ende. Die nach hinten auf diesen Theil folgenden Fasern heben sich von den vorhergehenden nach aussen hin ab und gehen in eine breite dünne Fascie über, welche fast die ganze Aussenfläche des M. adductor mandibulae überzieht und allmählig in den Fasern desselben sich verliert, theilweise auch, namentlich an ihrem unteren Rande, den letzteren direct als Ursprung dient. Daran schliessen sich die hintersten Theile der erwähnten Muskellamelle, welche in den untern Rand der oben beschriebenen vom Kiefergelenk nach hinten ziehenden breiten Aponeurose eintreten; und auf diese folgen endlich die den Kiemendeckel des ersten Kiemenloches überziehenden Fasern, welche von dem vom untern Ende dieses Loches ventralwärts ver-

laufenden schwachen Sehnenstreifen entpringen und mit gebogenem Verlaufe in die hinterste Partie des dorsalen Abschnittes übergehen. — Das mittlere Drittel dieser breiten Muskelschicht, wo dieselbe zugleich am mächtigsten ist, spaltet sich aber lateral ganz wie bei Heptanchus in zwei Lamellen: nach innen von der zur hintern Hälfte des Unterkiefers und zum grossen Kiefermuskel gehenden Portion trennt sich von dieser eine etwa 15 Mm. breite dünne Muskellage von gleichem Faserverlaufe ab, die sich kurzsehnig an einem ziemlich scharfen nach aussen vorspringenden Wulst der Aussenfläche des Hyoidstücks des Zungenbeinbogens befestigt. (Diese Insertionsstelle s. Taf. XV Fig. 8, $Csv\beta_2$).

Csv_3—$_5$ entspringen zum grössten Theil jeweils von dem Sehnenstreifen, welcher von jedem Kiemenloche herunterzieht, Csv_6 von einem starken Band, welches dem Aussenrand des Schultergürtels aufliegt. — Die untersten Bündel von Csv_3 aber nehmen ihren Ursprung als schmale dünne Sehne zur Seite der hintersten Fasern von Csv_2 von der sehnigen Unterfläche des ventralen Längsmuskels. — Je die untersten Bündel von Csv_4—$_6$ endlich kommen von einer sehr dünnen kurzen Aponeurose, die vom Aussenrande der oben erwähnten der ventralen Längsmusculatur als Ursprungsfläche dienenden Fascie ausgeht; sie bedeckt von unten her die inneren verbreiterten Enden der ventralen äusseren Kiemenbogen und nimmt die medialen Endigungen der nach aussen von jenen herunterlaufenden Sehnenstreifen in sich auf.

Insertion von Csv_2—$_6$ jeweils hauptsächlich am nächst vorderen Sehnenstreifen; je die obersten Fasern gehen direct in den dorsalen Abschnitt über.

Innervirung. Die ganze vorderste Portion Cs_2 wird durch den N. facialis versorgt. Derselbe gelangt am Hinterrande des Spritzlochs auf die Aussenfläche des Muskels und giebt (abgesehen von den dem nächst vorderen Visceralbogen zukommenden Rr. mandibulares) gleich einige Aeste ab, welche sich nach hinten hin verbreiten, dann einen etwas grösseren, welcher oberhalb der breiten Aponeurose des Muskels in diesen eindringt; der Hauptstamm des Nerven verläuft in der Furche zwischen Hyomandibulare und Oberkiefer nach hinten und unten, um sich am Kiefergelenk in drei ziemlich gleich starke Aeste aufzulösen. Der hinterste verzweigt sich oberflächlich auf dem unter und hinter der breiten Aponeurose gelegenen Theil des Muskels, der mittlere und der vordere gehen nach innen von dem zum Kiefermuskel tretenden Bündel zur Innenseite des Muskels; jener dringt zwischen die bei-

b) Ventraler Abschnitt (s. Taf. XV Fig. 6).

Wenn man nach Ablösung der Haut den Kopf von Acanthias von unten betrachtet, so zeigen sich an dessen hinterem Ende zwei zu beiden Seiten der Mittellinie liegende, der ventralen Längsmusculatur angehörige kurze massige Muskeln, *Cac*, welche von der Vorderseite des Coracoidtheiles des Schultergürtels und von der Unterfläche einer starken Fascie kommen, die sich zwischen der Vorderseite des Schultergürtels und der Unterseite der medialen Enden der innern Kiemenbogen ausspannt, die Herzhöhle von unten begrenzend. Jene beiden Muskeln ziehen convergirend nach vorn, um sich bald durch eine starke besonders auf ihrer Unterfläche ausgebreitete Sehnenmasse zu vereinigen. Von der hintern Grenze der so gebildeten sehnigen Unterfläche der vereinigten Muskeln entspringt nun ein bald sehr schmal werdender Sehnenstreif, welcher in der Mediane nach vorn verläuft und sich in der Nähe der Symphyse der beiden Unterkieferhälften allmählig verliert. Er repräsentirt offenbar die entsprechend gelegene breite Aponeurose bei Heptanchus; während aber hier die oberflächlichen Portionen des ganzen ventralen Abschnittes des Constrictor superfic. davon entsprangen, giebt der Sehnenstreif bei Acanthias, entsprechend seiner geringeren Längsausdehnung, eigentlich nur der vordersten Portion, Csv_2, den Ursprung. Die Fasern gehen beiderseits schief nach vorn und aussen davon ab, hinten unter sehr spitzem Winkel, der sich aber nach vorne hin immer mehr einem rechten nähert, bis sie endlich in der Kinngegend, wo der Sehnenstreif verschwunden ist, von beiden Seiten direct ineinander übergehen. — Die so gebildete dünne Muskellage findet mit dem grössern vordern Theil ihrer Fasern Befestigung am hintern Rande des Unterkiefers, von der medianen Symphyse an bis ungefähr 8 Mm. vor dessen hinterem Ende. Die nach hinten auf diesen Theil folgenden Fasern heben sich von den vorhergehenden nach aussen hin ab und gehen in eine breite dünne Fascie über, welche fast die ganze Aussenfläche des M. adductor mandibulae überzieht und allmählig in den Fasern desselben sich verliert, theilweise auch, namentlich an ihrem unteren Rande, den letzteren direct als Ursprung dient. Daran schliessen sich die hintersten Theile der erwähnten Muskellamelle, welche in den untern Rand der oben beschriebenen vom Kiefergelenk nach hinten ziehenden breiten Aponeurose eintreten; und auf diese folgen endlich die den Kiemendeckel des ersten Kiemenloches überziehenden Fasern, welche von dem vom untern Ende dieses Loches ventralwärts ver-

laufenden schwachen Sehnenstreifen entpringen und mit gebogenem Verlaufe in die hinterste Partie des dorsalen Abschnittes übergehen. — Das mittlere Drittel dieser breiten Muskelschicht, wo dieselbe zugleich am mächtigsten ist, spaltet sich aber lateral ganz wie bei Heptanchus in zwei Lamellen: nach innen von der zur hintern Hälfte des Unterkiefers und zum grossen Kiefermuskel gehenden Portion trennt sich von dieser eine etwa 15 Mm. breite dünne Muskellage von gleichem Faserverlaufe ab, die sich kurzsehnig an einem ziemlich scharfen nach aussen vorspringenden Wulst der Aussenfläche des Hyoidstücks des Zungenbeinbogens befestigt. (Diese Insertionsstelle s. Taf. XV Fig. 8, $Csv\beta_2$).

Csv_2—$_5$ entspringen zum grössten Theil jeweils von dem Sehnenstreifen, welcher von jedem Kiemenloche herunterzieht, Csv_6 von einem starken Band, welches dem Aussenrand des Schultergürtels aufliegt. — Die untersten Bündel von Csv_3 aber nehmen ihren Ursprung als schmale dünne Sehne zur Seite der hintersten Fasern von Csv_2 von der sehnigen Unterfläche des ventralen Längsmuskels. — Je die untersten Bündel von Csv_4—$_6$ endlich kommen von einer sehr dünnen kurzen Aponeurose, die vom Aussenrande der oben erwähnten der ventralen Längsmusculatur als Ursprungsfläche dienenden Fascie ausgeht; sie bedeckt von unten her die inneren verbreiterten Enden der ventralen äusseren Kiemenbogen und nimmt die medialen Endigungen der nach aussen von jenen herunterlaufenden Sehnenstreifen in sich auf.

Insertion von Csv_2—$_6$ jeweils hauptsächlich am nächst vorderen Sehnenstreifen; je die obersten Fasern gehen direct in den dorsalen Abschnitt über.

Innervirung. Die ganze vorderste Portion Cs_2 wird durch den N. facialis versorgt. Derselbe gelangt am Hinterrande des Spritzlochs auf die Aussenfläche des Muskels und giebt (abgesehen von den dem nächst vorderen Visceralbogen zukommenden Rr. mandibulares) gleich einige Aeste ab, welche sich nach hinten hin verbreiten, dann einen etwas grösseren, welcher oberhalb der breiten Aponeurose des Muskels in diesen eindringt; der Hauptstamm des Nerven verläuft in der Furche zwischen Hyomandibulare und Oberkiefer nach hinten und unten, um sich am Kiefergelenk in drei ziemlich gleich starke Aeste aufzulösen. Der hinterste verzweigt sich oberflächlich auf dem unter und hinter der breiten Aponeurose gelegenen Theil des Muskels, der mittlere und der vordere gehen nach innen von dem zum Kiefermuskel tretenden Bündel zur Innenseite des Muskels; jener dringt zwischen die bei-

Fasern der Constrictorportionen von seiner Aussenseite ab. Dagegen zeigt er 1) eine Verlaufsrichtung der Fasern, welche diejenige des Constr. snperf. fast durchgängig unter rechtem Winkel kreuzt und 2) inserirt er sich am Schultergürtel, ganz ausserhalb des Kiemengerüstes, nnd nur mit einem eher aberrirend erscheinenden Bündel an dem rudimentären letzten Kiemenbogen. — Dieses letztere Bedenken verliert aber sein Gewicht, wenn man berücksichtigt, dass, wie aus Gegenbaur's Untersuchungen mit Gewissheit hervorgeht, der Brustgürtel als seriales Homologon der Kiemenbogen, als ein in Folge der Anpassung an bestimmte Functionen eigenthümlich modificirter Visceralbogen aufzufassen ist: wir müssen demnach schon von vornherein erwarten, einer allgemeinen Uebereinstimmung auch in der zu diesen Skelettheilen in Beziehung stehenden Musculatur zu begegenen. Diese finden wir nun eben darin, dass jedem der fraglichen Visceralbogen ein der oberflächlichen Schicht angehöriger dünner flacher Muskel zukommt, der im Allgemeinen von der epaxonischen Längsmusculatur entspringt und sich längs der Aussenseite des dorsalen Abschnittes des Visceralbogens herunterzieht, theilweise daran sich inserirt. — Die endgültige Entscheidung aber darüber, ob die hier gegebene Deutung des morphologischen Werthes des Trapezius die richtige sei, muss jedenfalls in der Innervirung liegen. Bei Hept. und Sc. ist nachgewiesen und damit auch für Ac. (wegen der grossen Uebereinstimmung, die zwischen den beiden letzteren namentlich in Bezug auf die Verhältnisse des Systems der Constrictoren besteht) im höchsten Maasse wahrscheinlich gemacht worden, dass jedes der bei Hept. einfachen, bei Sc. und Ac. in Interbranchialis und Constrictorportion differencirten Muskelsepta von je dem hinteren stärkeren Aste des den betreffenden Interbranchialraum versorgenden R. branch. N. Glossopharyngei resp. Vagi innervirt wird. Die Innervirung des Trap., die sich nur bei Sc. mit genügender Vollständigkeit ermitteln liess, findet durch Zweige des R. intest. N. Vagi statt. Nun hat Gegenbaur in seinen „Untersuchungen zur vergl. Anatomie der Wirbelthiere, III. Heft: Das Kopfskelet der Selachier", S. 279 nachgewiesen, dass der R. intest. durch Verschmelzung zahlreicher Rr. ventrales des Vagus entstanden gedacht werden muss; die Bestandtheile des R. intest. stellten ursprünglich die Rr. branchiales zahlreicher Kiemenbogen und Kiemenspalten vor, welche aber mit dem Wegfall ihrer respiratorischen Function einer allmähligen Rückbildung unterlagen. Gleichzeitig erhielt und vergrösserte sich einer derselben mit Uebernahme

einer andern, der locomotorischen Function, und während dort auch die Musculatur der Rückbildung anheim fiel, durften wir hier schon im Voraus auch eine Vergrösserung der diesen zum Brustgürtel umgewandelten Visceralbogen bewegenden Muskeln zu finden erwarten; diese müssen aber, wenn auch beträchtlich modificirt, doch noch dieselben allgemeinen Beziehungen erkennen lassen, wie diejenigen der eigentlichen Kiemenbogen, also namentlich durch ihre Innervirung die Homodynamie mit diesen bekunden. Wenn wir nun speciell den M. trapezius unter diesem Gesichtspunkte ins Auge fassen, so erscheint nicht nur der zweite der oben gegen die Vergleichung dieses Muskels mit einem der musculösen Septa des Kiemenkorbes erhobenen Einwände seinem ganzen Umfange nach beseitigt, sondern es fällt auch der erste derselben von selbst weg: weil die Gestaltung und Lage des zum massiven Schultergürtel gewordenen Visceralbogens eine Bewegung seines obern Endes viel weniger nach oben als nach vorn gestattete, so musste der diese Bewegung ausführende Muskel auch hauptsächlich nach vorn hin Zuwachs erhalten und sein Ursprungsgebiet nach vorn hin ausdehnen, und der Faserverlauf damit ein von vorn oben nach hinten unten gerichteter werden. — Ist aber der Trapezius homodynam den vor ihm liegenden an die Kiemenbogen gehenden Muskelsepta, so erhält auch das von seinem vordern innern Rande abgehende und am letzten Kiemenbogen sich inserirende Faserbündel eine tiefere Bedeutung als nur die einer aberrirenden Muskelpartie: es ist, mag es nun wie bei Hept. zum 7., oder wie bei Sc. und Ac. zum 5. Kiemenbogen gehen, stets diejenige Portion des allgemeinen Constrictors, welche die Uebereinstimmung mit den übrigen verlor und neue Beziehungen einging, sobald der Bogen, dem sie zugehört, seine Function als Kiementräger aufgab und rudimentär wurde, dabei aber mit der Innenseite des Brustgürtels sich fest verband; daraus ergab sich eine Zusammenordnung und schliessliche Verschmelzung der diese Skelettheile bewegenden homodynamen Muskeln von selbst.

Wenn nun so die Deutung des M. trapezius mit genügender Sicherheit gegeben ist, so haben wir zugleich auch einen festen Standpunkt gewonnen, von welchem aus jene oben gestellte Frage sich beantworten lässt, wie das merkwürdige Verhalten der Ursprungssehnen der Constrictorportionen bei Sc. und besonders bei Ac. zu erklären sei. — Der gegenwärtige Zustand dieser Bildungen kann nur hervorgegangen sein aus einem früheren, wo die jetzt als homodynam[illegible] wirklich noch ähnlich oder gleich

waren. Die grösste Annäherung an diesen Urzustand müssen wir offenbar bei jenen Muskelportionen zu finden erwarten, deren Ursprungs- und Insertionsgebiete die geringsten Veränderungen erlitten haben, und dies wieder bei derjenigen Form, welche sich überhaupt als die einfachste, am tiefsten stehende ergeben hat. Das sind ohne Frage die zu den kiementragenden Visceralbogen gehenden musculösen Septa bei Hept. Wir dürfen also wohl annehmen, dass zu der Zeit, als noch sämmtliche Visceralbogen des vordern Körperabschnittes ziemlich gleichartig waren, auch sämmtliche Portionen des Constrictors und des Trapezius nichts weiter als eben solche dünne ziemlich schmale Muskelsepta darstellten, die ungefähr vertical verlaufend zum grössten Theil an ihren Visceralbogen sich befestigten, dabei quer über die Radien derselben wegzogen und von unter sich gleichwerthigen Zweigen des Vagus resp. Glossopharyngeus, Facialis, Trigeminus versorgt wurden. Ihr dorsaler Ursprung liegt nun gegenwärtig bei Hept. und Sc. ganz oberflächlich, bei letzterem in der stark ausgebildeten dorsalen Fascie, von welcher auch der Trap. entspringt, bei ersterem für die vordersten Theile auch in dieser, für den grössern hintern Abschnitt in der dünnen Aponeurose, welche sich auf der Aussenseite des Trapezius nach oben hin bis zu der durch quere Verbindung der sehnigen Septa der epaxonischen Längsmusculatur entstandenen Ursprungslinie dieses Muskels erstreckt. Diese Aponeurose darf nun wohl als letzter seitlicher Rest des hinteren Theiles der dorsalen Fascie angesehen werden, welche sich ursprünglich, wie bei Sc. gegenwärtig noch, als gesonderte Bildung bis zum Schultergürtel ausdehnte. Wie und unter dem Einflusse welcher verändernden Bedingungen diese Reduction vor sich ging, wird einleuchtender werden, wenn wir, von diesem hypothetischen Anfangszustand ausgehend, die vorliegenden secundären Bildungen im Zusammenhang betrachten und von jenem abzuleiten suchen. — Wir denken uns also, gestützt auf die Verhältnisse bei Hept. und Sc., einen primitiven Zustand, wo, entsprechend der grösseren Zahl noch wenig differencirter Visceralbogen, auch eine grössere Anzahl gleichartiger musculöser Septa in übereinstimmender Weise von der ausgedehnten continuirlichen dorsalen Fascie entspringt, oder mit andern Worten, wo der grosse Constrictor in seinem obern der epaxonischen Musculatur aufliegenden Theile continuirlich, aber sehnig, in seinen seitlichen Theilen musculös, aber von den durchbrechenden Kiemenspalten in eine entsprechende Anzahl getrennter Portionen geschieden ist, die dann mit ihren Innenrändern längs der

Visceralbogen Befestigung finden. — Es wirkten nun folgende Momente verändernd ein: 1) Die Zahl der kiementragenden Visceralbogen verminderte sich; die den ausgefallenen Bogen zukommende Musculatur verschwand mit ihnen. An den übrigbleibenden Bogen vergrösserte sich die respirirende Oberfläche (neben der Ausbildung der Kiemenblättchen) dadurch, dass die Wände der Kiemenspalten sich nach hinten verlängerten. Es wurden also auch die musculösen Septa dieser Bogen breiter, und zwar durch Vermehrung der Fasern ihreer ursprünglich mehr äussern, jetzt hintern freien Ränder, so dass diese nun jeweils die grössere vordere (innere) Hälfte des nächst hintern Septums bedecken. 2) Gleichzeitig übernahm der hinterste dieser Bogen die locomotorische Function, wurde zum Schultergürtel; er vergrösserte sich dabei beträchtlich, nahm eine mehr nach hinten geneigte Lage an, verlor die Verbindung mit der Wirbelsäule vollständig und vereinigte sich ventral mit dem anderseitigen Bogen, so dass nun sein oberes Ende das beweglichere wurde. In Folge davon vergrösserte sich auch die ihm zukommende Constrictorportion, und zwar aus den schon oben angeführten Gründen in der Weise, dass die Fasern eine nach hinten unten geneigte Richtung annahmen und sich wesentlich am vordern Rande des Muskels vermehrten. Dies geschah nun entweder so, dass sie sämmtlich tiefer zu liegen kamen als die vor ihnen befindlichen der Kiemenbogenportionen, so dass diese über die Aussenfläche des so entstandenen Trapezius wegziehen, wie bei Heptanchus (wo in der That zwischen Trap. und Constrictorportionen kein wesentlich anderes Verhältniss besteht als in kleinerem Maassstab zwischen den vordersten Fasern von Csd_2 und den hintersten von Csd_1); oder so, dass die neu hinzukommenden Fasern bei ihrem Vordringen und gleichzeitigen nach vorn sich Neigen an zahlreichen Stellen zwischen denen der Kiemenbogenportionen nach aussen hervortreten, wobei diese zugleich, so weit sie von jenen bedeckt werden, in sehnigen Zustand übergehen: so bei Sc.; — oder endlich, statt an beliebig vielen Stellen treten nur in den Lücken zwischen je zwei Kiemenbogenportionen grössere Faserbündel des Trap. heraus, die sich in schmale Sehnenbündel zusammenfassen, so dass nun vielmehr diese durch kleine Lücken des Trap. in die Tiefe zu dringen scheinen: so bei Ac. — 3) Die oberflächliche dorsale Fascie bleibt vollständig in ihrem ursprünglichen Zustand, in nur loser Verbindung mit den unterliegenden queren Septen der Stammmusculatur erhalten, nur dass sie in Folge der veränderten Richtung der von ihr entspringenden Constrictorportionen am Rand in zwei

Schichten von gekreuztem Faserverlauf sich spaltet, wie bei Sc.; oder sie verwächst längs der Linie, wo die Muskelfasern des Trap. beginnen, fest mit den erwähnten queren Septen, es entsteht ein continuirlicher Sehnenstreifen, welcher nun als Punctum fixum dient, weshalb oberhalb desselben die Fascie fast gänzlich verschwindet: so bei Hp. und Ac. Bei ersterem bleibt sie noch oberhalb der vordersten Constrictorportionen gleich hinter dem Schädel, und als äusserst dünne Lage unterhalb dieses Streifens auf der Aussenfläche des Trap. bestehen und dient den Kiemenbogenconstrictoren zum Ursprung; bei letzterem ist sie auf die Oberfläche des vordern Endes der Stammmusculatur beschränkt. Die oben erwähnten in schmale Sehnenbündel umgewandelten obern Enden der Kiemenbogenconstrictoren aber dringen hier in die Stammmusculatur ein und gelangen verbreitert und zum Theil wieder seitlich vereinigt zur Wirbelsäule. Die betreffenden Muskeln haben hier offenbar gleichsam eine festere Ursprungsstelle aufgesucht und dieselbe erst an den oberflächlichen Enden der queren Septa gefunden; in Folge des Muskelzuges haben sich dann in gleicher Richtung mit jenen Sehnenbündeln der Constrictoren innerhalb der Stammmusculatur weitere sehnige Faserzüge ausgebildet, die natürlich überall mit den queren Septen fest zusammenhängen und nun als unmittelbare Fortsetzungen der innern sehnigen Enden der Kiemenbogenconstrictoren erscheinen.

Die inneren Hälften der musculösen Kiemensepta zeigen in ihren Ursprüngen noch einige Besonderheiten, die kurzer Erwähnung bedürfen. Die Fasern der Kiemenbogenconstrictoren haben sich offenbar wie diejenigen des Trap. mit der allmähligen Differencirung und Vergrösserung der Kiemenbogen nach vorn (innen) hin etwas vermehrt, als Ursprungsstellen für diese neuen Bildungen wurden nun hauptsächlich die obern durch Bindegewebe an den inneren Kiemenbogen befestigten äusseren Kiemenbogen und deren nächste Umgebung verwendet, bei Hp. auch noch die zunächst liegenden Theile der Aussenfläche des Trap. selbst (dies Verhältniss darf also nicht als Beweisgrund für die Homodynamie des Trap. und der Constrictoren angesprochen werden, wie man auf den ersten Blick zu glauben versucht sein konnte, sondern ist als secundär entstanden aufzufassen). — Jedenfalls sind dies aber lauter secundär eingegangene Beziehungen und wir dürfen sonach mit Sicherheit annehmen, dass M. constrictor superficialis und M. interbranchialis von Sc. und Ac. zusammen Homologa der muscu-

lösen Kiemensepta von Hept., und ebenso, dass diese Kiemenbogenconstrictoren mit dem Trap. homodynam sind.

Werfen wir nun noch einen Blick auf die den obern Hälften des Zungenbein- und Kieferbogens angehörenden Theile des grossen Constrictors, so erkennen wir auch hier deutlich die typische Gleichartigkeit derselben mit denjenigen der Kiemenbogen, aber wie am Schultergürtel modificirt durch die Anpassung jener Bogen an neue Functionen. — Dass hier eine Scheidung der einzelnen Portionen in Constrictor superficialis und Interbranchialis nicht eingetreten ist, hat seinen Grund darin, dass die betreffenden Bogen und damit auch ihre Kiemenradien nahe der Körperoberfläche verlaufen, und wegen der Rückbildung der ersten Kiemenspalte zum Spritzlochcanal fand auch ein Uebergreifen der ersten Portion über die zweite (blos bei Hept. wird das obere Ende der innersten Fasern von Csd_2 durch die hintersten von Csd_1 bedeckt) und ein Verwachsen des hintern Randes der erstern mit der Aussenfläche der letztern nicht statt. — Die Ausbildung des Gaumenfortsatzes des Oberkiefers, der aber in beweglicher Verbindung mit dem Schädel bleibt und die gleichzeitige mehr oder minder vollständige Lösung des Zusammenhangs zwischen Quadratstück des Oberkiefers und Postorbitalfortsatz des Schädels bedingen, behufs der Hebung dieses neuen Theiles gegen den Schädel, die Entwickelung der ersten Constrictorportion nach vorn hin zu dem massiven M. lev. max. sup., der besonders bei Sc. von der hintern Hälfte fast ganz abgetrennt als selbständige Bildung erscheint, aber durch seine Lage sowohl wie namentlich durch seine Innervirung vom dritten Ast des Trigeminus (welcher als Nerv für das zwischen hinterem Lippenknorpel- und Kieferbogen liegende Metamer anzusehen ist) sich als Homologon der übrigen Constrictorportionen kennzeichnet. Die hintere Hälfte behält stets die typische Beziehung zu den Kiemenstrahlen des Kieferbogens, den Spritzlochknorpeln, resp. wo diese fehlen, zu der vordern Wand des Spritzlochcanals. — Die zunächst hinter dem Spritzloch folgende Portion muss sich ohne Zweifel ursprünglich mit der vordern Hälfte ihrer Fasern am obern Zungenbeinbogenstück inserirt haben, wie dies bei Sc. und Ac. der Fall ist, wo das Hyomandibulare als Träger des Kieferbogens eine ansehnliche Grösse erreicht hat. Bei Hept. stellt das obere Stück des Zungenbeinbogens nur einen schmächtigen, der Innenseite des bedeutend entwickelten Oberkiefers anliegenden Knorpelstab dar; da nun die einem dieser beiden Skelettheile mitgetheilte Bewegung wegen ihrer innigen Verbindung

sich ohne Weiteres auf den andern überträgt, so musste es jedenfalls vortheilhafter sein, wenn die bewegende Kraft an dem grösseren derselben, am Oberkiefer ihren Angriffspunkt fand. Diese Verlegung der Insertion fand wohl in der Weise statt, dass von der Aussenfläche des Muskels aus längs des dieselbe bedeckenden Integuments aberrirende Faserbündel sich entwickelten, welche dann am vorragenden Rande des Oberkiefers Befestigung fanden, mit dessen Vergrösserung sich vermehrten, während gleichzeitig die ursprüngliche Muskellage bis auf einen kleinen Rest verschwand, ein Vorgang, für den hinlängliche Analogieen bekannt sind; jenes Muskelbündel, das bei Sc. auf die zwischen den obern Enden von Hyomandibulare und Oberkiefer ausgespannte Sehnenmasse übergeht, bei Ac. direct an der hintern obern Ecke des Oberkiefers sich ansetzt, veranschaulicht wahrscheinlich zwei successive Entwickelungsstufen (vielleicht aber auch Rückbildungen) eines solchen Processes. Bei dieser Auffassung findet denn auch der auffallend erscheinende Umstand, dass die Insertionslinie des fraglichen Muskels vor dem Facialis liegt, während doch bei allen übrigen Portionen des Constrictors der sei versorgende Nerv längs ihrer Vorderseite herunterläuft, eine sehr einfache Erklärung. Dass Csd_2 bei Hept. wirklich dem Zungenbeinbogen angehört, also den ebenso bezeichneten Theilen bei Sc. und Ac. homolog ist, beweist schliesslich die Innervirung eben durch den Facialis.

Es bleibt noch übrig die untern Enden der Theile des Constrictors zu besprechen. Hier noch mehr als an den obern Enden scheint es auf den ersten Blick, als ob der Constrictor superf. und der Interbranchialis zwei verschiedene Muskelsysteme seien, die erst nachträglich zu einer mehr oder weniger ausgedehnten Verschmelzung gelangten. Bildet der Constrictor superficialis wirklich die oberflächlichste Muskelschicht am Vorderende des Selachierkörpers, so scheint es allerdings schwer verständlich, dass so weit in die Tiefe dringende Theile, wie die mit $Csv\beta_2$—$_8$ bezeichneten Portionen bei Hept. auch diesem System angehören sollen. Gleichwohl lässt sich auch hier wenigstens wahrscheinlich machen, dass wir es blos mit Differencirungen einer und derselben oberflächlichen Muskellage zu thun haben.

Der oben gewonnenen hypothetischen Vorstellung vom ursprünglichen Zustand dieses Muskelsystems zufolge muss dasselbe auch ventral eine zusammenhängende oberflächliche, aus quer verlaufenden Muskel- oder Sehnenfasern bestehende Schicht gebildet haben, die sich vom vordersten Visceralbogen bis mindestens in die Gegend

des späteren Schultergürtels erstreckte. Die Vergrösserung dieses letzteren schuf einen Befestigungspunkt für die ihn berührenden Theile des Constrictors, und dadurch war denn auch die Ausbildung eines medianen Sehnenstreifens oder einer breiten Aponeurose und die veränderte Richtung der davon ausgehenden Muskelfasern gegeben; — nur zwischen den gegen einander beweglichen Unterkieferästen erhielt sich der ursprüngliche quere Verlauf. Hier findet sich nun bei Hept. ein ähnliches Verhältniss wie dorsal: die mächtige Entwickelung des Unterkiefers, dessen breiter Innenseite sich das untere Stück des Zungenbeinbogens als dünner Knorpelstab anschmiegt, bedingte eine Verlegung der dem letztern zukommenden Constrictorportion auf den ersteren, die man sich wohl als eine allmählige Vermehrung der am hintern Ende des Unterkiefers auf diesen übergegangenen Muskelfasern nach vorn hin zu denken hat; von der ursprünglichen am Zungenbeinbogen sich inserirenden Portion blieb nur eine kurze Strecke ($Csv\beta_2$) erhalten. Dass die ganze zwischen den Unterkieferästen befindliche Muskelmasse dem Zungenbeinbogen zugerechnet werden muss, geht aus der Innervirung derselben durch den Facialis hervor; unerklärlich bleibt dabei allerdings, warum die ursprüngliche vom III. Ast des Trig. innervirte Portion des Kieferbogens hier so vollständig verschwand.

Bei Scymnus ist, der kräftigeren Gestaltung des untern Zungenbeinbogenstücks entsprechend, die tiefere Lage der vordersten Portion, welche sich an diesem Skelettheil als an ihrem ursprünglichen Insertionspunkt befestigt, bedeutend entwickelt und mit der oberflächlichen blos noch durch den medianen Sehnenstreifen verbunden. Bemerkenswerth ist namentlich auch, dass die Fasern der tiefern Lage von dem kurzen Kamm am hintern Ende des untern Zungenbeinbogenstücks fächerförmig nach innen ausstrahlen, so dass die vordersten Fasern diejenigen der oberflächlichen Lage fast unter rechtem Winkel kreuzen: beide werden aber, wie früher beschrieben worden, vom Facialis innervirt und gehören daher unzweifelhaft demselben Metamer an. — Die weiter nach hinten gelegenen Portionen des Constrictors entspringen als nach hinten hin immer kürzer werdende Zacken von der Unterfläche einer Aponeurose, welche durch die innern sehnigen Enden eines Theils der Fasern der zugehörigen Mm. interbranchiales gebildet wird und deren Faserverlauf in ähnlicher Weise mit demjenigen der aufliegenden Constrictorursprünge sich kreuzt, wie vorn die beiden Lagen der Zungenbeinbogenportion. Während

also bei Hept. die einzelnen Theile des oberflächlichen Constrictors, sowohl diejenigen einer Seite unter sich als diejenigen beider Seiten ventral direct oder durch eine von ihnen selbst gebildete Aponeurose verbunden sind, wird diese Verbindung bei Sc. durch ein nach Faserrichtung wie Entstehung verschiedenartiges, wenn auch Theilen desselben Muskelsystems entstammendes Gebilde hergestellt. Von Wichtigkeit für die Erklärung der in die Tiefe dringenden Theile der Kiemenbogenportionen des Constrictors bei Hept. ist nun folgendes bei Scymnus bestehende Verhältniss (was bei Beschreibung der betreffenden Muskeln von Sc. nicht gut mit eingeflochten werden konnte): Während, wie dort S. 246 erwähnt wurde, das mittlere Drittel der Fasern der Mm. interbranchialis in die ventrale oberflächliche Aponeurose übergeht, endigt das innerste Drittel derselben an den nach vorn und innen umgebogenen Platten der äusseren Kiemenbogen; von jeder dieser Platten und den zunächst liegenden Theilen der innern Kiemenbogen, sowie von dem sie verbindenden Ligament geht nun aber je ein sehniges Band in directer Fortsetzung der Richtung der dort endigenden Fasern des Interbranchialmuskels nach innen und vorn ab, schiebt sich, die Kiemenarterie begleitend, zwischen je zwei Portionen der ventralen Längsmusculatur ein und findet median an dem vom Schultergürtel nach vorn ziehenden Sehnenstrang Befestigung. Offenbar sind jene sehnigen Bänder nichts weiter als Verdichtungen des überall zwischen den Muskeln befindlichen blasigen Bindegewebes, zum Zwecke einer grösseren Festigung des ganzen Kiemenkorbes; man braucht sich indessen nur die Fasern des innern Drittels des Interbranchialmuskels in gleicher Richtung auf das entsprechende Sehnenband fortgesetzt zu denken (ein Vorgang, wie er schon oben für die vom Zungenbein- zum Kieferbogen übertretenden Theile von Csd_2 und Csv_2, und ähnlich auch bei Ac. für die in die dorsale Längsmusculatur eindringenden obern Enden von Csd_{2-6} als wahrscheinlich angenommen werden musste), — und man erhält einen Zustand, welcher mit dem bei Hept. gefundenen völlig übereinstimmt. — Es dürfen also wohl auch diese tiefern, anscheinend einem besonderen System angehörigen Portionen als secundäre Weiterbildungen des oberflächlichen allgemeinen Constrictors angesehen werden.

Bei Acanthias ist die Reduction des ventralen Theiles der Kiemenbogenportionen noch weiter vorgeschritten. Csv_2 zeigt im Wesentlichen dieselben Verhältnisse wie bei Sc.; von Csv_3 erreicht nur noch ein vorderstes schwaches Faserbündel den medianen

Sehnenstreifen. Für die übrigen Portionen ist selbst jene mittelbare beiderseitige Verbindung, wie sie bei Sc. besteht, in Wegfall gekommen: die Interbranchialmuskeln entspringen wie bei Sc. von den umgebogenen Enden der äusseren Kiemenbogen, die aber hier in directem Zusammenhang mit der medianen vom Schultergürtel zur Unterseite des Kiemengerüstes ziehenden Fascie stehen; und unmittelbar nach aussen (unten) von ihnen erstreckt sich der Seite des ventralen Längsmuskels entlang jene schmale Aponeurose, von welcher die untersten Faserbündel von Csv_{4-6} ihren Ursprung nehmen. Es ist also hier die oberflächliche Aponeurose, wie sie Hept. und in gewissem Sinne auch Sc. noch besitzt, wohl in Folge der massigen Entwickelung des hintern Theils der Längsmusculatur, ganz verschwunden, und ähnlich wie bei Hept. die tiefern, so haben hier auch die oberflächlichen Theile jeder Portion eine secundäre tiefer gelegene Befestigungsstelle gefunden.

---

2. Obere Zwischenbogenmuskeln.

Mm. interarcuales, Ja_{I-III} (Taf. XIV, Fig. 2 u. 4).

An den obern Enden der Kiemenbogen finden sich kleine Muskeln in grösserer oder geringerer Anzahl, welche entweder die obersten Gliedstücke desselben Bogens unter sich oder mit denen des nächst vorderen Bogens verbinden; sie gehören dem Innervirungsgebiet des Vagus an.

Am gleichartigsten erscheint diese Gruppe bei Heptanchus (Taf. XIV, Fig. 2, $Ja_{I\,1-5}$, $Ja_{II\,1-5}$, $Ja_{III\,1-4}$). Von der grössern obern Hälfte des 1. Gliedes des 2.—6. Kiemenbogens entspringt je ein flacher Muskel, Ja_I, der nach vorn und unten zieht und sich etwas verbreitert zum grössten Theil am Hinterrande des 1. Gliedes des 1.—5. Kiemenbogens inserirt. Je ein sehr schwaches Faserbündel, Ja_{II}, trennt sich jedoch vom untern Rande des genannten Muskels ab, um sich beträchtlich tiefer am hintern Rande des 2. Gliedes des 1.—5. Bogens zu befestigen. Kurz vor seiner Insertion gesellt sich zu ihm ein anderer ebenfalls sehr schwacher Muskel, Ja_{III}, welcher von der Aussenseite des 1. Gliedes des 1.—5. Bogens entspringt und wie gesagt zum 2. Gliede derselben Bogen geht. Der verkümmerte 7. Bogen entsendet blos ein sehr schwaches Bündel von seinem obern Ende zum 2. Gliede des 6. Bogens. — Man kann also ebenso gut entweder Ja_I und $_{II}$ als die beiden Endigungen eines Muskels, oder auch Ja_{II} und $_{III}$ als einen Muskel mit zwei Köpfen ansehen. —

Die letztere Auffassungsweise ergiebt sich von selbst bei Acanthias (Taf. XIV Fig. 4, $Ja_{I\,1-3}$, $Ja_{(II,\,III)\,1-4}$). Hier stellen Ja_{II} und $_{III}$ zwei relativ kräftige Muskelbäuche dar, welche der eine vom untern Ende des 1. Gliedes des 1.—3. Kiemenbogens, der andere von dem stark nach vorn vorspringenden untern Ende desselben Gliedes des 2.—4. Bogens ausgehen, sehr bald sich vereinigen und ungefähr am mittleren Drittel des 2. Gliedes des 1.—3. Bogens Insertion finden, meist vor, gelegentlich auch mit einigen Bündeln hinter dem betreffenden M. interbranchialis. — Vollständig getrennt davon ist Ja_{I} als ziemlich breites dünnes Muskelband zwischen den 1. Gliedern des 1. und 2. Bogens, als sehr schmächtiges Bündel zwischen den gleichen Gliedern des 2. und 3., und des 3. und 4. Bogens ausgespannt. — Die obersten Glieder des 4. und 5. Kiemenbogens sind zu einem gabelförmigen Knorpelstück verschmolzen; aus dem nach unten gekehrten Winkel der beiden Schenkel desselben entspringt einköpfig (jedoch Ja_{II} und Ja_{III} vertretend) der zum 2. Gliede des 4. Bogens gehende Muskel.

Scymnus unterscheidet sich von Ac., abgesehen von der kräftigeren Ausbildung der Muskeln (welche unter anderm auch darin sich ausspricht, dass die untersten Fasern von Ja_{II} ihre Insertion bis auf das obere Ende des 3. Gliedes des betreffenden Bogens vorschieben), blos dadurch, dass Ja_{I} vollständig fehlt: die schon bei Ac. offenbar in Folge der geringeren Beweglichkeit der obersten Glieder eingetretene Reduction dieser Muskeln hat bei Sc. aus gleicher Ursache zum völligen Schwund derselben geführt.

Bei allen dreien aber treten die obersten Glieder der letzten Kiemenbogen noch in Beziehung zu der den Anfang des Schlundes umfassenden Muskellage (*Cph*, Constrictor pharyngis). Dieselbe beginnt vorn mit spärlichen in der obern Rachenwand quer verlaufenden Fasern, erst hinter dem letzten Kiemenbogen wird sie zu dem ringsherumgreifenden Constrictor pharyngis. Von jenem vordersten dorsalen Abschnitt nun gehen bei Hept. mehrere Faserbündel nach aussen ab, um sich am obern Ende des 2. Gliedes des 4.—6. Bogens, an letzterem auch an der ganzen Innenseite der ersten Gliedes zu inseriren; anderseits entspringen vom ganzen Hinterrande dieses letzteren und des daran anschliessenden rudimentären 7. Bogens zahlreiche Fasern, welche, eine ziemlich breite Muskelplatte darstellend, von vorn an den Anfang des Schlundringmuskels sich anfügen. — Bei Ac. und Sc. beschränkt sich die Insertion der vordersten quer verlaufenden Fasern auf den obern Rand des oben erwähnten, durch Verwachsung der

obersten Glieder des 4. und 5. Kiemenbogens entstandenen Knorpelstücks; von dessen ganzem Hinterrande entspringen auch hier zahlreiche Fasern, welche sich denen des Pharyngealmuskels zugesellen. Diese gehen aber ventral nicht direct ineinander über, wie bei Hept., sondern inseriren sich beidseitig an den Aussenrändern der breiten letzten Copula.

Innervirung. Sämmtliche Muskeln dieser Gruppe werden vom Vagus versorgt und zwar (was jedoch nur bei Sc. vollständig nachzuweisen gelang) $Ja_{I,\,II}$ und $_{III}$ je von besonderen Aestchen des R. pharyngeus, welcher sich von dem den betreffenden Interbranchialraum versorgenden R. branchialis Vagi abzweigt; zwischen Ja_{II} und $_{III}$ dringt noch ein feines Aestchen des ersteren in die Tiefe, zur obern Schlundwand.

Die Wirkung sämmtlicher Muskeln ist selbstverständlich.

Die Vergleichung der einzelnen Theile dieser Muskelgruppe bei den drei verschiedenen Repräsentanten ist schon im Bisherigen wo überhaupt nöthig gegeben worden. Es erhebt sich nun aber noch die Frage, ob diese Gruppe ein besonderes System für sich darstellt oder als differencirter Theil eines andern allgemeineren aufzufassen ist. — Der erwähnte Zusammenhang von Theilen des Constrictor pharyngis mit den hinteren Kiemenbogen kann nun allerdings sehr wohl als erst secundär entstanden gedacht werden, der Umstand jedoch, dass dieser Zusammenhang an solchen Punkten stattfindet, die bei den vorderen Bogen von Ursprung oder Insertion der Mm. interarcuales in Anspruch genommen werden, scheint auf eine frühere noch innigere Verbindung der obern Enden der Kiemenbogen, und damit auch der diese bewegenden Muskeln mit dem Schlundmuskel hinzuweisen. Berücksichtigen wir ferner, dass beide von Zweigen des N. vagus innervirt werden, jene von den Ri. pharyngei, dieser vom R. intestinalis, welcher nach Gegenbaur's Untersuchungen einer Summe von Ri. branchiales, oder wohl eher speciell von Ri. phar. gleichzusetzen ist (da ja doch mit dem völligen Verschwinden ihres Verbreitungsbezirkes auch die Ri. branch. s. str. ganz eingehen mussten, während das Gebiet der Ri. phar. intact blieb), so dürfte es nicht allzu gewagt sein, wenn wir, den schon oben S. 430 angenommenen primitiven Zustand auch für diese Bildungen ausführend, uns eine grössere Anzahl von oberflächlich in der dünnen Leibeswand gelagerten Visceralbogen denken, deren obere Enden von der Ringmusculatur des Schlundes umzogen und bewegt wurden. In Folge der Gliederung der Bogen in einzelne Abschnitte zerfielen auch die sie

bewegenden Muskeln in einzelne Bündel, und durch die gleichzeitige von hinten nach vorn fortschreitende Reduction der Zahl der Bogen und den Verschluss der Kiemenspalten kam es, dass dem Constrictor pharyngis von vorn her immer neue Elemente zugefügt wurden und selbst die von der Hinterseite der jeweils letzten Kiemenbogen entspringenden Fasern, deren bisheriger Insertionspunkt an dem nächst hintern Bogen mit diesem verschwunden war, nun denen des Schlundmuskels sich anreihten [1]).

An dieser Stelle sei noch des M. subspinalis Erwähnung gethan. Derselbe findet sich nur bei Acanthias in unmittelbarer Beziehung zu den Visceralbogen; er entspringt ziemlich breit fleischig von der derben Fascie, welche die Unterseite der epaxonischen Längsmusculatur und der Wirbelsäule überzieht, an der Grenze beider gleich hinter dem Cranium und spitzt sich rasch zu einer dünnen Sehne zu, die sich am obern Ende des 1. Gliedes des I. Kiemenbogens inserirt. — Innervirung unbekannt.

Von derselben Spitze des I. Kiemenbogens gehen mehrere starke sehnige Faserzüge nach hinten und oben zur Unterfläche der dorsalen Längsmusculatur, und ebensolche parallel mit diesen von der Spitze des II. Bogens.

Bei Scymnus ist das obere Ende des I. Kiemenbogens durch zahlreiche nach vorn und hinten verlaufende Sehnen fest mit der Unterfläche der Wirbelsäule und der Längsmusculatur verbunden. Aehnlich sind bei Heptanchus die oberen Enden des 1.—3. Kiemenbogens durch kurze Sehnen an der Unterfläche der Längsmusculatur befestigt. Zwischen diesen von beiden Seiten nach oben ziehenden Sehnen verläuft median ein unpaarer schwacher Muskel (Taf. XIV Fig. 2 *Ssp*) vom hintern Ende des Schädels zum Anfang der Wirbelsäule, wahrscheinlich aus der Verschmelzung der beiden bei Ac. bestehenden Subspinales hervorgegangen.

Diese Thatsachen weisen darauf hin, dass hier die letzten Reste einer Gruppe von Muskeln vorliegen, welche früher minde-

1) Zugleich erhebt sich die Vermuthung, dass in jenem primitiven Zustand auch das System der Constrictores arc. visc. noch nicht von dem innern Constr. pharyngis geschieden gewesen, dass erst später eine Sonderung der oberflächlichen Muskelschicht mit ihren mannigfaltigen Differencirungen und der inneren Schicht eingetreten sei, welche letztere dann wieder an den übrig bleibenden Kiemenbogen in die Mm. interarcuales sich umbildete, hinten als Constr. phar. sich erhielt. Doch fehlen gegenwärtig noch die Thatsachen zur gehörigen Begründung dieser Annahme.

stens die beiden ersten, wahrscheinlich aber alle Kiemenbogen nach vorn und hinten hin mit der festen überlagernden Masse verband und wohl allen Selachiern zukam (beiläufig sei erwähnt, dass mehrere Knochenfische Bildungen zeigen, die nur auf die eben besprochenen von Ac. und Sc. zurückbezogen werden können). Für eine weitere Deutung fehlen aber alle Anhaltspunkte.

3. Mittlere Beuger der Bogen.
(Adductores arcuum visceralium, *Add*).

An der Innenseite sämmtlicher vollständig ausgebildeter Kiemenbogen bei Hept. sowie bei Sc. und Ac. sind zwischen den untern Enden der obern Mittelstücke und den obern Enden der unteren Mittelstücke kleine kurze Muskelchen ausgespannt, welche in mehr oder weniger tiefen länglichen Gruben dieser Skelettheile entspringen und dieselben gegeneinander bewegen. — Ihre Innervirung geschieht durch ein feines Aestchen des Ramus branchialis Glossopharyngi resp. Vagi des betreffenden Bogens.

Dem Zungenbeinbogen fehlt ein Homologon dieser Bildung durchaus; am Kieferbogen dagegen wird dieselbe durch den mächtigen Adductor mandibulae vertreten. — Dieser entspringt bei Heptanchus (Taf. XIV Fig. 1 *Add*) längs des ganzen linken, obern und vordern Randes des Quadrattheils und vom oberen Rande des Anfangs des Gaumenfortsatzes des Oberkiefers, fast bis zum palatobasalen Gelenkfortsatz desselben; der massige Muskel zieht mit convergirendem Faserverlauf nach unten, die auf der Aussenseite des Ober- und Unterkiefers befindlichen flachen Gruben ausfüllend, und inserirt sich am Unterkiefer auf einem schmalen Streifen, der in nach unten convexem Bogen vom Kieferwinkel an bis zum Anfang des mittleren Drittels der Unterkieferlänge verläuft. Diese Insertion wird aber fast ganz bedeckt durch ein breites starkes Sehnenband, das vom Kiefergelenk horizontal nach vorn zur Aussenseite des Unterkiefers zieht und an seiner Innenfläche noch zahlreiche Fasern des Adductors aufnimmt.

Bei Acanthias (Taf. XIV Fig. 3; Taf. XV Fig. 6, *Add*) und Scymnus greift der Ursprung des Muskels über den obern und hintern Rand des Quadratums nach innen über, ebenso am Palatalfortsatz, sodass die von diesem kommenden Fasern erst nach vorn ziehen müssen und dann erst um das vorspringende Quadratum herum sich nach unten und hinten wenden. Die Insertion findet kurzsehnig längs der hintern Hälfte des Unterkieferrandes statt.

Innervirung durch einen starken Ast des Ramus maxillaris inf. des Trigeminus, welcher in zwei Zweige gespalten von vorn in den Muskel eindringt.

Die Gründe, welche dafür sprechen, diesen Muskel trotz seiner verhältnissmässig gewaltigen Dimensionen und trotz seiner Lagerung an der Aussenseite des Kieferbogens als homodynam mit den innerseitigen Adductoren der Kiemenbogen aufzufassen, ebenso warum derselbe am Zungenbeinbogen fehlt, sind schon von GEGENBAUR (Untersuch. zur vergl. Anatomie der Wirbelth. III. Heft S. 210) dargelegt worden und brauchen hier nicht wiederholt zu werden, nur das sei nochmals hervorgehoben, dass in Betreff der Lagebeziehungen auch dieses Muskels Hept. ein einfacheres, dem ursprünglichen näher stehendes Verhalten aufweist, im Gegensatz zu den verschiedenen Complicationen, wie sie bei Sc. und Ac. sich vorfinden [1]).

Bei diesen beiden letzteren tritt zum Adductor noch ein gesonderter Muskel (Taf. XIV Fig. 3, Taf. XV Fig. 6 *Addβ*) in Beziehung, der Hept. vollständig fehlt. Derselbe, bei Sc. ziemlich kräftig entwickelt, während er bei Ac. nur einen schwachen spindelförmigen Muskel darstellt, entspringt von der Unterseite der Orbitalregion des Schädels, so zwar, dass die beidseitigen Ursprünge in der Mediane fast zusammenstossen; bei Sc. ist die Ursprungsfläche noch durch eine median verlaufende nicht unbeträchtliche Crista vergrössert. Er zieht schmäler werdend dicht oberhalb des hintern obern Lippenknorpels und durch Bindegewebe fest mit demselben verbunden nach hinten bis zum vordern Rande des Adductors; bei Ac. geht er hier in eine dünne Sehne über, die mit den vordersten Fasern des Kiefermuskels verschmilzt und mit

1) Die auch hier nicht zu umgehende Frage, ob dieses Muskelsystem sui generis oder Abkömmling eines grösseren sei, lässt sich wieder nur ganz vermuthungsweise beantworten. So viel ist sicher, dass diese die einzelnen Bogenstücke gegeneinander bewegenden Muskeln als gesonderte Bildungen erst auftreten konnten, als die anfänglich ungegliederten Visceralbogen in bewegliche Glieder zerfielen. Da nun schon aus der Betrachtung der Mm. interarcuales als wahrscheinlich hervorging, dass in einem früheren primitiven Zustand diese Muskeln, der Constrictor pharyngis und sämmtliche Theile des grossen Constrictors der Visceralbogen in einer die Bogen in sich schliessenden Ringmuskelschicht vereinigt gewesen seien, so dürfen wir wohl auch die Mm. adductores von dieser ursprünglichen Bildung ableiten. Wir gelangen so zu der Vorstellung von einer den vordern Körperabschnitt des primitiven Wirbelthieres umhüllenden Ringmusculatur, die wir vielleicht mit der Ringfaserschicht des Hautmuskelschlauches der Würmer in Beziehung setzen dürfen.

denselben nach unten hinten ziehend am Unterkieferrand sich inserirt, bei Sc. endigt er in einer starken breiten Sehne, die aber bald wieder in ein sich verbreiterndes, vor den vordersten Fasern des Adductors am Unterkieferrand sich befestigendes musculöses Bündel übergeht. —

Innervirung durch einen Zweig des über den Muskel weg zur Haut der Oberlippe verlaufenden II. Astes des Trigeminus.

Die Deutung dieses Muskels kann nicht mit genügender Sicherheit gegeben werden. Man kann ihn als selbständige, mit keinem andern vergleichbare, speciell dem Kieferbogen zukommende Bildung auffassen. Dem widerspricht aber die durch das ganze osteologische wie myologische Verhalten des Kieferbogens vollständig gesicherte Homodynamie desselben mit allen übrigen Visceralbogen, die es höchst unwahrscheinlich, wenn nicht geradezu unmöglich macht, dass demselben als typischer Bestandtheil ein Muskel angehören sollte, der nirgends sonst ein Analogon hat. Es bleibt also nichts Anderes übrig, als anzunehmen, dass seine ursprüngliche Gestaltung durch secundär eingegangene Beziehungen modificirt und unkenntlich gemacht worden seien. Von wesentlicher Bedeutung scheinen mir nun die Innervirung und die Lagebeziehungen zum hintern oberen Lippenknorpel zu sein. Aus jener geht schon hervor, dass der Muskel einem vor dem Kieferbogen liegenden und speciell dem von diesem und dem hinteren Lippenknorpelbogen begrenzten Metamer angehört, und der feste Zusammenhang mit dem obern Gliede dieses Bogens weckt die Vermuthung, dass der Muskel ursprünglich, bevor dieser Bogen noch der Verkümmerung anheimgefallen war, sich an diesem selbst inserirt habe. Die jetzige Insertion wäre hiernach eben in Folge dieser Verkümmerung secundär erworben und die frühere aufgegeben worden. Für diese Ansicht scheint auch das zu sprechen, dass der Muskel so weit vor seiner Insertion schon in den sehnigen Zustand übergeht, selbst bei Scymnus, wo er doch am Ende wieder musculös wird; ferner dass bei dem untersuchten Exemplare von Acanthias der sonst nach aussen von der Sehne dieses Muskels herunterlaufende Ramus maxill. inf. des Trigeminus rechterseits durch eine Spalte in dieser Sehne hindurchtrat, was zum mindesten auf Neigung zur Variabilität, d. h. auf noch wenig befestigte Vererbung eines relativ neuen Zustandes schliessen lässt; und drittens, dass dieser Muskel bei Heptanchus gänzlich fehlt, entsprechend dem Mangel der Lippenknorpel, während doch bei der bedeutenden Entwickelung des Kieferbogens und seines Adductors eher eine

starke Ausbildung auch dieses Muskels zu erwarten wäre, wenn man ihn blos als Appendix des ersteren ansehen dürfte.

Ist diese Vermuthung von der ursprünglichen Insertionsstelle des fraglichen Muskels richtig, so ist damit auch seine morphologische Deutung festgestellt: er erscheint als seriales Homologon des M. levator max. sup. und aller der andern Theile des grossen Constrictors, welche vom Schädel oder von der epaxonischen Musculatur zu den Visceralbogen gehen, und ist sonach am passendsten als M. levator labii sup. zu bezeichnen. Daraus wird endlich auch seine Ursprungsstelle verständlich: früher wohl nicht weit vor derjenigen des Lev. max. sup. gelegen wurde dieselbe in Folge der Entwickelung des Bulbus und der Orbita immer weiter nach vorn, und zugleich durch die Ausbildung des Rostrums nach unten gedrängt. — Doch bleibt wie gesagt diese fast nur auf Wahrscheinlichkeiten gestützte Deutung immer noch sehr unsicher und einer weiteren Begründung dringend bedürftig.

Eine weitere Complication des Adductors wird durch ein halb musculöses halb sehniges Faserbündel gegeben, das von der theilweise sehnigen Aussenfläche des Muskels sich abhebt und schräg nach vorn und oben zieht, um sich in der Gegend des hintern Augenwinkels in der Haut zu verlieren. Bei Hept., wo diese Bildung überhaupt am stärksten entwickelt ist (Taf. XIV Fig. 1, *Addγ*), entspringen die hintersten Fasern direct vom Knorpel der hintern Oberkieferecke; bei Sc. und Ac. (Taf. XIV Fig. 3, *Addγ*) ist das Bündel zum Theil directe Fortsetzung der oben S. 416 erwähnten von hinten unten auf die Aussenfläche des Adductors übertretenden Fasern von Csv_2. Dieser letztere Umstand (und dass beim Stör eine mit der vorliegenden im Wesentlichen übereinstimmende Einrichtung sich findet), macht es wahrscheinlich, dass dieselbe nicht als aberrirendes Bündel betrachtet werden darf, dass sie vielmehr den letzten Rest desjenigen Theiles des oberflächlichen Constrictors darstellt, welcher den vor dem Kieferbogen liegenden Visceralbogen resp. Metameren ursprünglich zukam.

---

4. Ventrale Längsmuskeln.

(Mm. coraco-arcuales; *Ca*, Taf. XIV Fig. 3, Taf. XV Figg. 6—10).

A. Heptanchus.

Hier besitzt die ganze Muskelgruppe einen im Wesentlichen gemeinsamen Ursprung, und erst im weitern Verlaufe löst

sich die so entstandene Längsmuskelmasse in die zu den einzelnen Visceralbogen gehenden Portionen auf.

Die gemeinsame Ursprungsfläche wird hauptsächlich durch die Vorderseite und den untern Rand des Coracoidtheils des Schultergürtels, der hier unter ziemlich spitzem Winkel mit dem anderseitigen zusammentrifft, gebildet, in einer Ausdehnung von etwa 2,5 Cm. von der medialen Symphyse an nach hinten; aber auch ein grosser Theil der Unterfläche der starken Fascie, welche, in der Mediane zu einem derben Sehnenstrang ausgebildet, vom Schultergürtel zu den Kiemenbogen zieht und das Herz von unten bedeckt, dient zum Ursprung jenes Muskels (Taf. XV Fig. 9, *Cac*). Während derselbe nun nach vorne zieht, gehen von seiner oberen Fläche die für die Kiemenbogen bestimmten Portionen (Mm. coraco-branchiales Taf. XV Fig. 9, $Cbr_1—_7$) divergirend ab, seine Hauptmasse aber setzt sich in die zum Kiefer- und Zungenbeinbogen gehenden Theile (Mm. coraco-mandibularis und coraco-hyoideus, *Cmd*, *Chy*) fort. Dabei ist dieselbe fast vom Ursprung an mit derjenigen der andern Seite in der Medianlinie fest verschmolzen, und auch die beiden letztgenannten Bildungen lassen keine mediane Scheidung erkennen, sind also unpaare Muskeln. Ausserdem wird der M. coraco-mandibularis als ziemlich selbständig differencirtes Element dadurch charakterisirt, dass da, wo er seinen Anfang nimmt, ungefähr in der Mitte zwischen Schultergürtel und Zungenbeinbogen, eine starke schief nach vorn und oben geneigte sehnige Inscription sich zwischen ihn und die gemeinsame Hauptmuskelmasse einschiebt, welche nur wenige Fasern der letzteren direct in den ersteren übertreten lässt. —

Der schlanke flache M. cor.-mand. inserirt sich kurzsehnig an der nach innen und hinten gewendeten Seite des Unterkiefers zu beiden Seiten der Symphyse, der M. cor.-hy. ziemlich sich verbreiternd an der Unterfläche der Copula des Zungenbeinbogens, die Spitze und den hintern Rand ausgenommen, beiderseits auf den Anfang des Hyoidstücks dieses Bogens übergreifend. —

Die zum ersten bis sechsten Kiemenbogen gehenden Portionen, Mm. $Cbr_1—_6$, stellen rundliche sich zuspitzende Muskelbäuche dar, die je weiter nach hinten, desto mehr lateralwärts divergiren; der erste entspringt hauptsächlich von der sehnigen Oberfläche des Anfangs des M. cor.-hy., $Cor\text{-}br_2—_5$ wie schon erwähnt von der obern Seite der gemeinsamen Hauptmuskelmasse, zum Theil auch direct von dem medianen Sehnenstrang in der die Herzkammer bedeckenden Fascie, Cbr_6 mit der äusseren Hälfte und der breite,

fläche Cbr_7 mit sämmtlichen Fasern vom obern Rande und der Aussenfläche des Coracoids, nach aussen vom Ursprungsfeld des Hauptmuskels. — Insertion für $Cor\text{-}br_2$—$_6$ je am äussern Ende des Copulare des betreffenden Bogens, mit einigen Fasern stets auch noch am Anfang des untern Mittelstücks, bei $Cor\text{-}br_1$ greift dieselbe aber von dem sehr kleinen Copulare über auf den benachbarten hintern Rand der Copula des Zungenbeinbogens bis zur Mitte, so dass auch diese beiden Muskeln in der Medianlinie zusammenstossen und beinah vollständig verschmelzen. $Cor\text{-}br_7$ inserirt sich ziemlich in gleicher Breite wie sein Urprung am vordern Rande des untern Gliedes dieses Bogens, bei welchem ein besonderes Copulare nicht vorhanden ist.

Zwischen je zweien dieser Portionen oder zwischen den Fasern der einzelnen Muskeln hindurch dringen die oben S. 410 beschriebenen tiefen Portionen des oberflächlichen Constrictors nach innen, um sich gleichfalls an der medianen Sehnenmasse zu befestigen. — Die Kiemenarterien des 2. bis 6. Kiemenbogens zweigen sich jeweils hinter den denselben zukommenden Längsmuskeln nach aussen ab, diejenige des 1. Kiemenbogens tritt erst vor $Cor\text{-}br_1$, zwischen diesem und $Cor\text{-}hy$, gemeinschaftlich mit der Arterie des Zungenbeinbogens nach aussen. — Bemerkenswerth ist noch, dass die hintere gemeinsame Hauptmuskelmasse von zwei starken Inscriptiones tendineae in schiefer Richtung durchsetzt wird; dazu kommt noch die oben erwähnte am Ursprung vom Cor.-mand. und eine schwächere in der Mitte des Verlaufs von Cor.-hy.

Innervirung. Während die sämmtlichen bisher betrachteten Muskeln des Kiemengerüstes, einschliesslich des zum Schultergürtel gehenden M. trapezius, durch Nerven des Kopfes versorgt werden, erhalten alle Theile der ventralen Längsmusculatur ihre Zweige vom ersten und zweiten Spinalnerven. Dieselben treten, bereits zu einem Stamm vereinigt, aus der epaxonischen Musculatur hervor und verlaufen oberhalb der Basalia der Kiemenbogen nach hinten und unten (Taf. XIV Fig. 2, (I, II). Am hintern Ende des Kiemenkorbes geht ein starker Ast nach hinten ab, der Hauptnerv wendet sich zwischen Schultergürtel und letztem Kiemenbogen nach unten und vorn und tritt von oben her in den Ursprung der ventralen Längsmusculatur ein. In dieser verläuft der Nerv beständig nahe der obern sehnigen Fläche nach vorn, giebt zahlreiche Zweige nach aussen und innen ab und durchbohrt dann den Anfang von Cor.-hy., um, nachdem er diesen versorgt, in der hintern Hälfte des

M. cor.-mand. zu endigen. Beide letztere Muskeln werden also von der rechten wie von der linken Seite her versorgt, was bestimmt genug auf ihre ursprüngliche Paarigkeit hinweist.

B. Acanthias.

Die Verschmelzung der beiderseitigen Coracoidea zu einem quer verlaufenden starken Knorpelgürtel, die Verminderung der Anzahl der Kiemenbogen und die kräftigere Ausbildung des Zungenbeinbogens, verbunden mit dem völligen Schwund des Copulare des ersten Kiemenbogens, was eine noch innigere Verbindung des unteren Mittelstücks des letzteren mit der Copula des ersteren nothwendig machte, sind die wesentlichen Momente, welche Veränderungen im ventralen Längsmuskelsystem von Ac., verglichen mit dem von Hept., hervorgebracht haben.

Die drei vorderen der zu den Kiemenbogen gehenden Portionen, Cbr_2—$_4$, entspringen nicht mehr von der gemeinsamen Hauptmuskelmasse, sondern von dieser durch die (oben S. 417 erwähnte) Ursprungsaponeurose von Csv_4—$_6$ des oberflächlichen Constrictors und die Ursprünge der Mm. interbranchiales getrennt, vom äussern Rande der das Herz bedeckenden Fascie, nach hinten an Länge und Mächtigkeit rasch abnehmend; die hinterste dieser Portionen, Cbr_5, dehnt ihren Ursprung, entsprechend Cbr_7 bei Heptanchus, auf die Vorderfläche des Coracoids, nach aussen vom Ursprungsgebiet des Hauptmuskels aus. — Cbr_2 inserirt sich blos am Copulare des 2. Kiemenbogens, Cbr_3 und $_4$ greifen von den entsprechenden Copularien noch auf den Anfang der untern Mittelstücke über, Cbr_5 endigt breit auf der Unterfläche des plattenförmigen untern Gliedes des 5. Kiemenbogens und dem äussern Rand der letzten grossen Copula.

Die Hauptmuskelmasse, aus welcher die Portionen für die vorderen Visceralbogen hervorgehen (*Cac*), zeigt ein im Wesentlichen dem bei Hept. bestehenden gleiches Verhalten, nur ist sie bedeutend kürzer, gedrungener; drei feine Inscriptiones tendineae durchsetzen sie in ziemlich senkrechter Richtung. Da wo sie sich eben mit der anderseitigen vereinigt hat, entspringt, von unten her bedeckt durch den hier ebenfalls Befestigung findenden, durch die Vereinigung der Fasern von Csv_2 gebildeten medianen Sehnenstreifen, von der sehnigen Unterfläche der unpaare schmächtige Längsmuskel des Unterkiefers, Coraco-mandibularis (*Cmd*), der an dessen Hinterrande zunächst beiderseits der Mediane endigt. Die eigent-

liche Fortsetzung des Hauptmuskels, immerhin aber durch eine starke, schief nach aussen, vorn und oben ziehende Inscription von ihm geschieden, bilden zwei kräftige Muskelbäuche, von denen der untere (oberflächliche) breitere, fast nur künstlich von dem anderseitigen trennbar, sich fleischig an der Unterfläche der breiten Copula des Zungenbeins inserirt, von der Medianlinie an nach aussen bis da, wo diese Copula von unten her durch das Hyoidstück des Bogens bedeckt wird, — während der obere (tiefere) rundliche etwas divergirend verläuft und kurzsehnig am Hinterrand und der obern Fläche desjenigen Theiles der Zungenbeincopula Befestigung findet, welcher mit dem untern Mittelstück des 1. Kiemenbogens durch feste Bandmasse verbunden und wie eben erwähnt vom Hyoidstück des Zungenbeinbogens vollständig verdeckt ist. Jener Muskel ist offenbar Cor.-hy. von Hept. homolog und hier ebenfalls so zu bezeichnen; und wenn wir berücksichtigen, dass schon bei Hept. die dem 1. Kiemenbogen zugehörige Portion theilweise auf die Copula des Zungenbeins übergegangen war, so kann kein Zweifel sein, dass der letztere tiefer gelegene Muskel von Ac. auch als *Cor-br*$_1$ aufzufassen ist. Die bestimmteste Bestätigung dafür liefert der Umstand, dass ganz wie bei Hept. die zum 2. bis 4. Kiemenbogen gehenden Kiemenarterien jeweils hinter den diesen Bogen zukommenden Längsmuskeln nach aussen treten, der durch die letzte Gabelung der Aorta entstandene Ast dagegen zwischen den beiden eben beschriebenen, an der Zungenbeincopula sich inserirenden Muskeln nach aussen verläuft, um sich gleich darauf in die beiden Zweige für den Zungenbein- und den 1. Kiemenbogen zu theilen.

Die Innervirung durch die verschmolzenen 1. und 2. Spinalnerven erfolgt in einer im Allgemeinen mit Hept. vollständig übereinstimmenden Weise.

C. Scymnus

unterscheidet sich von Ac. nur durch unwesentliche Punkte. Die ganze ventrale Längsmusculatur ist entsprechend der kräftigeren Ausbildung des Skelets bedeutend mächtiger entwickelt. Die zum Kieferbogen gehende Portion, Cor.-mand., ist ganz selbständig geworden, indem sie nicht mehr von der gemeinsamen Hauptmuskelmasse, sondern direct vom untern Rande des Coracoids entspringt; zugleich tritt die urspüngliche mediane Trennung deutlicher hervor; die übrigen Verhältnisse und namentlich die Innervirung zeigen keine Aenderung. — Die Hauptmuskelmasse liefert somit hier blos

die Portionen *Cor-hy* und *Cor-br*$_1$, beide an der hohen und breiten, von unten her durch den mächtigen Unterkiefer vollständig bedeckten Copula des Zungenbeinbogens sich inserirend, jene näher dem untern, diese, die tiefere, näher dem obern Rande derselben, beide sowie die Hauptmuskelmasse im grössten Theil ihres Verlaufes innig mit dem anderseitigen Muskel verwachsen. Zwischen ihren vordern Enden tritt auch hier der vorderste Ast der Aorta nach aussen, um den Zungenbein- und den 1. Kiemenbogen zu versorgen. Der von oben her in den Hauptmuskel eindringende, durch Verschmelzung des 1. und 2. Spinalnerven entstandene Nervenstamm giebt regelmässig für jedes der 4 Segmente, in welche der Muskel durch die drei sehnigen Inscriptionen abgetheilt wird, nur je einen Zweig ab. — In Betreff der vier zu den Kiemenbogen gehenden Längsmuskeln ist zu bemerken, dass sich dieselben vollständig übereinander schieben, so dass *Cbr*$_2$, aus den zu äusserst liegenden Fasern hervorgegangen, alle übrigen Portionen von unten her verdeckt; zugleich entspringen diese äussersten Fasern nicht mehr blos vom Coracoid, sondern auch noch von dem nach unten und aussen vorragenden stumpfen Fortsatz des untern Gliedes des 5. Bogens. Die Portionen inseriren sich je zur Hälfte am Copulare, zur Hälfte am innern Ende des unteren Mittelstücks des 2. bis 4. Bogens, am innern Ende des untern Gliedes des 5. Bogens und am Aussenrande der letzten grossen Copula. — Die Kiemenarterien für den 3. und 4. Kiemenbogen treten wie bei Ac. und Hept. je hinter den zugehörigen Muskeln nach aussen, diejenige des 2. Bogens dagegen auffallenderweise v o r *Cbr*$_2$. — Der von den inneren Enden der äusseren Kiemenbogen und ihrer nächsten Umgebung aus zwischen die Portionen *Cbr*$_2$—$_5$ sich einschiebenden, am medianen Sehnenstrang der das Herz bedeckenden Fascie sich befestigenden Aponeurosen und ihrer Bedeutung für die Erklärung der tiefen Portionen des oberflächlichen Constrictors bei Hept. ist schon oben S. 440 Erwähnung gethan worden.

- -

Die vorliegenden Thatsachen sind nun allerdings nicht genügend, um mit Hülfe derselben die Frage zu beantworten, welche Vorgänge zu den so sehr eigenthümlichen Verhältnissen dieses Muskelsystems geführt haben mögen. — Am auffallendsten ist der Verlauf der Nerven, welche die ventrale Längsmusculatur versorgen. Es ist nun, vornehmlich durch GEGENBAUR's Untersuchun-

gen, aus dem Verhalten der nach dem Typus von Spinalnerven gebildeten Kopfnerven in Ursprung und Verlauf, der Theile des Craniums und des ganzen Visceralskelets festgestellt worden, dass am vordern Körperabschnitt der Wirbelthiere eine bedeutende Verkürzung, eine Verschmelzung von Metameren stattgefunden haben muss, die aber am axialen Theile, am Cranium und dessen Contenta viel rascher vor sich ging, als an den ventralen Anhängen, den Visceralbogen, so dass diese gleichsam hinter den ersteren zurückblieben. Speciell die Musculatur des Visceralskelets wird also heute nur noch durch ihre Nerven mit den Theilen verbunden, welche ursprünglich mit ihnen in einem Metamer zusammenlagen. Sämmtliche Muskeln nun, welche zum System des grossen Constrictors, der Zwischenbogenmusculatur und der Adductoren gehören, werden durch Zweige des Trigeminus, Facialis, Glossopharyngeus und Vagus versorgt, müssen mithin als denjenigen Metameren zugehörig erachtet werden, welche im hintern Abschnitt des Craniums zur Verschmelzung kamen, müssen also auch zu einer Zeit, wo diese Verschmelzung noch nicht eingetreten war, ziemlich unmittelbar unter diesen gelegen haben, mit ihnen zu einem Metamer verbunden gewesen sein. Für solche Theile, die durch Nerven versorgt werden, deren Ursprünge gleich hinter denen der letzten Kopfnerven am Anfang des Rückenmarks folgen, kann sonach die ursprüngliche Lage auch nicht anders angenommen werden, als gleich hinter den durch die letzten Kopfnerven versorgten Theilen, ziemlich unmittelbar unter den Stellen des Rückenmarks, wo diese entspringen. Diese Theile sind aber einerseits ein hinter dem Schultergürtel liegender Abschnitt der seitlichen und ventralen Rumpfmusculatur, zu welchem sich der S. 450 erwähnte Ast des verschmolzenen 1. und 2. Spinalnerven nach hinten wendet, anderseits die Mm. coraco-arcuales. Es bleibt also Nichts übrig, als anzunehmen, dass auch diese letzteren früher auf die Gegend hinter den letzten Kiemenbogen, auf die nächste Nachbarschaft des Schultergürtels beschränkt waren, dass sie erst später (wohl erst nachdem die Visceralbogen des vordern Körperabschnittes zur ventralen Vereinigung und zur Ausbildung von Copulae, überhaupt zur Gliederung gelangt waren) allmählig nach vorn an Ausdehnung gewannen und ihre jetzigen Beziehungen zu den Kiemenbogen, dem Zungenbein- und Kieferbogen eingingen. Auf eine Zusammengehörigkeit der Mm. coraco-arcuales mit der hinter dem Schultergürtel liegenden ventralen Längsmusculatur scheinen auch die bei beiden so ausgezeichnet vorkommenden que-

ren Inscriptiones tendineae hinzuweisen, — und endlich darf wohl auch der Umstand, dass die den 2. Kiemenbogen versorgende Kiemenarterie bei Scymnus, im Gegensatz zu Hept. und Ac., vor *Cbr*$_2$, und dass bei allen dreien die zum 1. Kiemenbogen gehende Arterie, im Gegensatz zu dem Verhalten bei den hinteren Kiemenbogen und dem Zungenbeinbogen, vor dem zugehörigen Längsmuskel nach aussen tritt, als Zeugniss für die Ansicht angesprochen werden, welche in den fraglichen Muskeln keine den Kiemenbogen typische, sondern erst später zur Verbindung mit denselben gelangte Bildungen erblickt.

Erklärung der Abbildungen.

Die Abbildungen (mit dem Diopter nach den Präparaten gezeichnet) sind sämmtlich in natürlicher Grösse. — Die Kopfnerven sind mit aufrechten Buchstaben, die Spinalnerven mit aufrechten römischen Ziffern bezeichnet. — Ein hinter dem Muskelnamen stehendes *o* bedeutet Ursprungs-, ein *i* Insertionsstelle desselben.

Für alle Figuren gelten folgende Bezeichnungen:

Po = Postorbitalfortsatz des Craniums.
Q = Quadrattheil des Oberkiefers.
P = Gaumentheil desselben.
Md = Unterkiefer.
L, L_I, L_{II} = Prämaxillar-, Maxillar- und Prämandibularknorpel.
Hmd = Oberes Stück des Zungenbeinbogens (Hyomandibulare).
hy = Unteres (Hyoid-)Stück desselben.
C = Copula desselben.
I—VII = 1.—7. Kiemenbogen; u. an diesen
1 = Oberstes Glied, Basale.
2 = Oberes Mittelstück.
3 = Unteres „
4 = Copulare.
c = Copula.
$\beta\varrho d$, $\beta\varrho v$ = Dorsale, ventrale äussere Kiemenbogen.
Sc, *Cor* = Scapular-, Coracoidtheil des Schultergürtels.

$Trg_{I, II, III}$ = 1., 2., 3. Ast des Trigeminus (R. ophth., R. max. sup., R. max. inf.).
Fac = Facialis.
Gl = Glossopharyngeus.
Vg = Vagus.
Rl = Ramus lateralis.
Ri = „ intestinalis.
Rbr_1— ... = 1. bis ... R. branchialis.

Csd_1 — ..., Csv_1 — ... = 1. bis ... Portion des dorsalen, ventralen Abschnitts des M. Constrictor superficialis.

Taf. XIV.

Fig. 1. Heptanchus, vorderes Körperende, linke Seite, nach Wegnahme der Haut. * Spritzloch. — Der Quadrattheil des Oberkiefers (*Q*) ist aus seiner Gelenkverbindung mit dem Postorbitalfortsatz (*Po*) gelöst, um den M. levator max. sup. (*Lms*) zu zeigen. — Trg *a* Das diesen Muskel versorgende Aestchen des R. max. inf. Trig. — Fac *a* Ein durch das Spritzloch auf die Aussenseite von Csd_2 tretendes Aestchen des Facialis. Fac*β* Der Csv_2 und $Csv\beta_2$ versorgende Ast desselben. *Tr* M. trapezius. *Add* M. adductor mandibulae. *Addγ* Das zur Haut der untern Augenlidgegend gehende Bündel desselben.

Fig. 2. Heptanchus, dieselbe Ansicht, nach Ablösung der oberflächlichen Muskelschicht (mit Ausnahme des *Lms*) nahe ihrem dorsalen Ursprung und Zurückschlagung derselben. Auch das Hyomandibulare ist aus seiner Verbindung mit dem Schädel gelöst, die Insertionen der Theile von *Csd* an den oberen Mittelstücken der Kiemenbogen abgeschnitten, die hypaxonische und epaxonische Rumpfmusculatur in die Höhe gehoben, um die obern Enden der Kiemenbogen sichtbar zu machen.

(I, II) 1. und 2. Spinalnerv, zu einem Stamm verschmolzen. NCa Der die Mm. coracoarcuales versorgende Ast desselben. $Ja_{I\ 1-5,\ II\ 1-5,\ III\ 1-6}$ 1.—5. (6.) Portion der Mm. interarcuales. *Cph* M. constrictor pharyngis. *Ssp* M. subspinalis. *Trβ* Das vom Trapezius sich abspaltende, am letzten Kiemenbogen sich inserirende Bündel.

Fig. 3. Acanthias, vorderes Körperende, linke Seite, nach Wegnahme der Haut. *Addβ* M. levator labii sup., mit dem M. add. mand. sich verbindend. $Add\gamma^o$, $Add\gamma^1$ Anfang und Insertion des vom Adductor sich abhebenden Bündels. *Cac* M. coracoarcualis communis. — Die übrigen Bezeichnungen wie in Fig. 1.

Fig. 4. Acanthias, die oberen Glieder der Kiemenbogen, linke Seite, von aussen gesehen. $Ja_{I\ 1-3}$, $Ja_{(II,\ III)\ 1-4}$ 1.—3. (4.) Portion der Mm. interarcuales.

Taf. XV.

Fig. 5. Heptanchus, vorderes Körperende, Ventralansicht, linke Seite, nach Wegnahme der Haut. Von der zum Unterkiefer gehenden Portion des oberflächlichen Constrictors (Csv_2) ist gerade so viel abgetragen worden, als nöthig war, um den davon sich abspaltenden, am Hyoidstück des Zungenbeinbogens sich befestigenden Theil derselben ($Csv\beta_2$) sichtbar zu machen. Fac*β* Der diese Portion versorgende Ast des Facialis.

Fig. 6. Acanthias, vorderes Körperende, Ventralansicht, linke Seite, nach Wegnahme der Haut. *Add* M. adductor mandibulae. *Addβ* M. levator labii superioris. *Cac* M. coracoarcualis communis. Cbr_5 5. Portion des M. coracobranchialis.

Fig. 7. Heptanchus, Ventralansicht der Musculatur des Zungenbeins und der beiden ersten Kiemenbogen. Csv_2 nahe der Mediane abgeschnitten und nebst dem M. coracohyoideus (*Chy*) nach rechts hinübergezogen, um die tiefen Ursprünge der Kiemenbogenportionen des Constrictors ($Csv\beta_{3,4}$) zu zeigen. Chy^1 Insertion des M. coracohyoideus an *C* und *hy*. Cbr_1^1 Insertion des M. coracobranchialis 1 (Cbr_1) am Hinterende von *C*. Cbr_2 M. coracobranchialis 2. *Cac* M. coracoarc. comm. $Csv\beta_2^1$ Insertion der tiefern Lage von Csv_2 am Hyoidstück des Zungenbeinbogens.

Fig. 8. Acanthias. Ventralansicht des Kiemengerüstes mit der ventralen Längsmusculatur. Die zum Unterkiefer und zur Unterseite der Zungenbeincopula gehenden Theile derselben, M. coracomandibularis (*Cmd*) und M. coracohyoideus (*Chy*) weggenommen. Chy^0 Ursprung des letzteren an der Unterfläche des M. cor. arc. comm. (*Cac*). Cac^0 Ursprung dieses Muskels an der Unterfläche der vom Coracoid zu den Copularia gehenden Fascie. Cbr_{2-5} Die zum 2.—5. Kiemenbogen gehenden Mm. coracobranchiales. $Csv\beta_2^i$ und Jbr_{1-4}^i Insertionen der tiefern Lage von Csv_2 und der Mm. interbranchiales. Csv_{4-6}^0 Ursprungsaponeurose dieser Constrictorportionen.

Fig. 9. Heptanchus. Ventralansicht der ventralen Längsmusculatur, rechte Seite. Die in der Mediane liegenden Muskeln etwas nach links hinübergezogen. $Csv\beta_{3-8}^0$ Die tiefen Ursprünge der Kiemenbogenportionen des oberflächlichen Constrictors abgeschnitten. Cbr_{1-7} Mm. coracobranchiales des 1.—7. Kiemenbogens. *Ahy*, Abr_{1-6} Kiemenarterie des Zungenbein- und des 1.—6. Kiemenbogens. — Die übrigen Bezeichnungen wie in Fig. 8.

Fig. 10. Acanthias. Ventraler Theil 'der Mm. interbranchiales des 2.—4. Kiemenbogens (Jbr_{2-4}), von unten gesehen. $\beta\varrho v_2$ der zweite äussere Kiemenbogen, von seiner Verbindung mit $\beta\varrho v_3$ gelöst und mit Jbr_2 und den Kiemenstrahlen (ϱ) des zweiten Kiemenbogens nach vorn umgeschlagen. Abr_3 Kiemenarterie des 3. Kiemenbogens. — Das Uebrige wie in früheren Figg.

Beiträge zur Kenntniss des feineren Baues der Taenien.

Vorgetragen in dem naturwissenschaftlich-medicinischen Verein zu Strassburg am 20. Februar 1874

von

Dr. P. Schiefferdecker,

Assistent an dem Physiol. Institute der Universität Strassburg.

(Hierzu Taf. XVI.)

Im Jahre 1863 erschien das Werk von Leuckart „Ueber die menschlichen Parasiten u. s. w.", in dem auch die im Menschen vorkommenden Taenien ihrem gröberen und feineren Bau nach genau beschrieben waren. In den seitdem verflossenen 10 Jahren haben wir über diese so interessante Thiergattung nur wenige kurze Arbeiten erhalten, so dass die Leuckart'schen Beobachtungen mit wenigen Aenderungen immer noch die Grundlage für unsere Kenntnisse bildeten. So veröffentlichte 1865 Rindfleisch (Archiv f. mikroskop. Anatomie v. M. Schultze Bd. I S. 138) eine kurze Arbeit, in der er sich nur mit der Subcuticularschicht und den Kalkkörperchen genauer beschäftigte. Dann erschienen 1873 zwei Arbeiten: eine von Nitsche (Zeitschrift f. wissensch. Zoologie von Siebold u. Kölliker Bd. XXIII S. 181) „Untersuchungen über den Bau der Taenien", in der hauptsächlich die Beschaffenheit und Anordnung der Muskeln besprochen wird, und eine von Schneider (XIV. Jahresbericht der Oberhessischen Gesellschaft für Natur u. Heilkunde) „Untersuchungen über Plathelminthen", in der auch der Cestoden, wenn auch nur oberflächlich, Erwähnung gethan wird.

Die von diesen Forschern gemachten Angaben werde ich weiter unten an den betreffenden Stellen meiner Arbeit anführen und besprechen.

Durch die Güte eines Collegen, des Herrn Dr. Rabow, erhielt ich zu zwei verschiedenen Malen ein frisches, eben abgetriebenes Exemplar von Taen. solium, so dass es mir möglich wurde, eine genaue anatomische Untersuchung dieses Thieres auszuführen, eine Untersuchung, in deren Bereich auch T. cucumerina vom Hunde theilweise hineingezogen wurde. Ich fand dabei manche neue Thatsache im Gebiete der Histologie, welche ich mir hier mitzutheilen erlauben will, ohne den Anspruch zu machen, etwas Abgeschlossenes zu liefern. Ich wage diese Veröffentlichung um so eher als auch Herr Prof. Waldeyer, dem ich meine Präparate vorlegte, mir dazu rieth. Interessant war mir in mancher Hinsicht die Vergleichung mit den von Sommer und Landois (Beiträge zur Anatomie der Plattwürmer von Dr. F. Sommer und Dr. L. Landois I. Heft 1872) bei Bothriocephalus latus gefundenen Thatsachen.

Von Erhärtungsmethoden wandte ich zwei an; eine 2% Lösung von doppeltchromsaurem Ammoniak, in der das Präparat bei öfterer Erneuerung der Flüssigkeit 1—3 Wochen blieb, worauf es in Spiritus gelegt wurde, und eine 0,5% Lösung von Osmiumsäure, in der die Erhärtung in 2—4 Tagen vollendet war. Jede von beiden Methoden liefert nach einer bestimmten Richtung hin gute Resultate.

Bevor ich nun zu der Beschreibung des histologischen Baues von Taenia übergehe, möchte ich noch vorausschicken, dass ich den Genitalapparat bei meinen Untersuchungen von der Betrachtung ausgeschlossen habe.

Betrachten wir zunächst, um ein Bild von dem eigenthümlichen Bau der Taenien zu gewinnen, einen Querschnitt, von einem alten in doppeltchromsaurem Ammoniak gehärteten Gliede (ein solches ist für die meisten Zwecke das beste) bei schwacher Vergrösserung, wie ihn uns Fig. I (Hartnack Obj. II Cam. lucid.) zeigt. Die Zeichnung stellt nur ein kleines Stück der einen Seite dar, enthält indessen alles wesentliche. Gehen wir von Aussen nach Innen, so treffen wir zunächst auf eine mässig dicke Cuticula, von der das ganze Glied umhüllt ist. Bei dieser Vergrösserung unterscheiden wir an derselben zwei Schichten, eine äussere homogen erscheinende bei *i*, eine innere der Länge nach feingestreifte bei *k*. Auf diese folgt dann bei *l* eine fein radiär gestreifte Schicht, die Schicht der spindelförmigen Matrix-Zellen. Die feinen Pünktchen zwischen diesen Zellen bedeuten die Querschnitte von Muskelfasern, welche sich zwischen denselben finden und die äusserste Reihe des Systems der mm. longitudinales bilden. Fasst man alles zu-

sammen, was in der Schicht bei *l* liegt, so kann man sie als die Subcuticularschicht bezeichnen. Auf diese ersten zum System der Cuticula gehörigen Schichten folgt nun das eigentliche Körperparenchym, an dem zunächst drei grosse Abtheilungen nach dem Vorgange der Autoren unterschieden werden, zwei äussere, die Rindenschichten und eine von ihnen eingeschlossene innere, die Mittelschicht, eine Eintheilung, die eine völlig künstliche ist und nur für die Beschreibung Werth hat. Die Grenze zwischen der Mittelschicht und den beiden Rindenschichten bilden die beiden starken Züge der mm. transversi (bei *a*, *a*), welche selbst noch zur Rindenschicht gerechnet werden müssen, wenn auch viele einzelne noch zu ihrem System gehörige Fasern der Mittelschicht unzweifelhaft angehören. Den Rindenschichten allein gehören ferner die zahlreichen Bündel der mm. longitudinales an, deren Querschnitte wir bei *c*, *c*, *c* sehen. Alle drei Schichten durchsetzen von einem Punkte der Cuticula einer Seite zu dem entsprechenden der anderen Seite hin verlaufend die in kleineren Bündeln zusammenliegenden Fasern der mm. dorso ventrales (bei *b*, *b*); ebenso ein Gemeingut aller drei Schichten sind die zahlreichen Kalkkörperchen (bei *h*, *h*), In der Mittelschicht allein finden wir dann noch bei *d* den Querschnitt einer der vielen kleinen Ausstülpungen des Uterus, in dem einige Eier liegen (bei *e*), den Querschnitt eines der beiden grossen Seitengefässe bei *f*), und dicht nach aussen von diesem gelegen den Querschnitt einer Säule einer eigenthümlich gebauten, spongiösen Substanz. Der Bau der Taenie ist auf einem solchen Uebersichtsbilde also verhältnissmässig sehr einfach, denn Darmcanal, Respirationsorgane und Blutgefässsystem fehlen gänzlich, komplicirt wird derselbe erst, wenn wir stärkere Vergrösserungen und besondere Präparationsweisen zu Hülfe nehmen.

System der Cuticula.

Zum System der Cuticula rechne ich die Matrixzellen und die eigentliche Cuticula. Zur genauen Untersuchung dieser Gebilde wendet man am besten drei verschiedene Präparationsmethoden an: 1) Färbung eines Schnittes mit Haematoxylin und Einlegen in Glycerin oder Nelkenöl und Canadabalsam. 2) Färbung eines Schnittes (nach Behandlung mit doppeltchromsaurem Ammon. und Spiritus) mit Osmiumsäure und Einlegen in Glycerin oder Canadabalsam. 3) Behandlung eines Bandwurmgliedes mit Salpetersäure und chlorsaurem Kali und darauf folgendes Zerzupfen und Aufbewahren in Glycerin. Auf diese Weise erhält man Bilder, wie sie Fig. II,

III, IV und XVIII uns zeigen. Die ersten drei sind mit Hartnack Obj. IX à Immers. das letzte mit Obj. VIII und der Cam. lucid. gezeichnet. Betrachten wir zunächst das Haematoxylin-Präparat auf Fig. IV. Bei *A* sehen wir hier die eigentliche Cuticula, bei *B* die Schicht der Matrixzellen. Diese letztern sind grosse membranlose spindelförmige, nach beiden Seiten hin in feine Enden auslaufende Zellen mit deutlichem länglich ovalen Kern, in dem sich oft noch ein Kernkörperchen erkennen lässt. Dieselben bilden, wie ich glaube eine einfache Lage. Ueberall wenigstens, wo der Schnitt so dünn und in einer so günstigen Richtung geführt ist, dass man die Zellen ihrer ganzen Länge nach und nicht mehrere hinter einanderliegend sieht, findet man, wie auf der Strecke f_1, dass die Länge der einzelnen Zellen soviel wie die Dicke der ganzen Zellschicht beträgt, und nur da, wo sich die Zellen gegenseitig decken oder durch den Schnitt eines Theils ihres Körpers beraubt sind, wie bei f_2 scheinen zwei Zellenreihen über einander vorhanden zu sein. Aus dieser Annahme folgt indessen durchaus nicht, dass etwa die Mittelpunkte sämmtlicher Zellen gleich weit von der Cuticula entfernt liegen, die Zellen verschieben sich im Gegentheil, um Raum zu gewinnen, meist so, dass der dickste Theil der einen neben dem schmälern der Nebenzelle liegt, so dass also die nach Aussen laufenden Fortsätze verschieden lang sein müssen. Zwischen diesen Zellen liegen (bei *h*, *h*, *h*) zerstreut die Querschnitte kleiner Muskelbündel und Muskelfasern, welche zum Systeme der mm. longitudinales gehören, und deren äusserste dicht unter der Cuticula gelegene Reihe, welche nur aus einzelnen Fasern besteht, man, wenn man will, auch als mm. subcuticulares bezeichnen kann. Nach aussen von den Matrixzellen, aber, wie wir sehen werden, in striktem Zusammenhang mit diesen, beginnt nun die Cuticula, an der wir jetzt deutlich vier Schichten zu unterscheiden vermögen, von denen zwei sehr viel mächtiger sind als die andern beiden. Zunächst den Zellen finden wir eine aus langen, sehr schmalen, einander parallelen und von aussen nach innen dicht aneinanderliegenden, von hinten nach vorn durch schmale Zwischenräume von einander getrennten transversal verlaufenden Fibrillen bestehende Schicht, welche mehr als ein Dritttheil der ganzen Cuticula einnimmt. Auf einem Längsschnitte sieht man statt der Fibrillen natürlich ihre wie kleine schwarze Pünktchen erscheinenden Querschnitte. Diese Schicht wird durchsetzt von einer sehr grossen Anzahl sehr feiner Fasern, welche senkrecht zu den Fibrillen nach Aussen hin verlaufen. Diese fei-

nen Fasern sind einmal die Ausläufer der Matrixzellen, und zweitens die feinen Sehnen der mm. dorso ventrales, welche zwischen den Matrixzellen hindurch zur Cuticula treten.

Nach Aussen von der Fibrillenschicht liegt eine viel schmälere, welche sich durch eine grosse Anzahl kleiner schwarzer Pünktchen und feiner Fasern, die sie senkrecht durchsetzen, auszeichnet. Die Pünktchen halte ich für die Endpunkte der Sehnen der mm. dorso ventrales, wenigstens kann man keine derselben über diese Schicht hinaus verfolgen. Die feinen Fasern sind theils ebenfalls die letzten Enden der Sehnen, die noch eine kleine Strecke in dieser Endschicht verlaufen, theils die durchtretenden Fortsätze der Matrixzellen. Ich werde diese Schicht die „fein punktirte“ nennen.

Die dritte und mächtigste Schicht der Cuticula kann man als die „homogene“ oder „die Schicht der Porenkanälchen“ bezeichnen. Sie besteht aus einer völlig homogen erscheinenden Substanz, durch die sich von Aussen nach Innen senkrecht zur Schicht eine Menge feiner Porenkanälchen, von etwas weniger als 0,001 Mm. Weite hindurchziehen. Auf Fig. IV erscheint jene Schicht ohne Kanälchen, die dunkle Haematoxylinfärbung ist der Darstellung derselben nicht günstig, dagegen zeigt Fig. II uns dieselben sehr deutlich. Diese Zeichnung ist nach einem Zerzupfungspräparate gemacht, welches vorher etwa 10—15 Minuten lang mit Salpetersäure und chlorsaurem Kali behandelt worden war. Auch Färbung der Schnitte mit Osmiumsäure ist zu diesem Zwecke sehr zu empfehlen.

Diese Porenkanälchen liegen indess nicht nur in der dritten, sondern sie durchbohren auch die äusserste vierte Schicht, und münden so frei nach Aussen, wie Fig. IV dieses beweist. Diese vierte Schicht besitzt nur eine sehr geringe Mächtigkeit, erscheint ebenfalls strukturlos und immer, auch bei der an sich schon dunklen Haematoxylinfärbung der Cuticula, dunkler als die dritte. Ich will sie ihrer Lage nach als „Deckschicht“ bezeichnen. Sie ist vielleicht nichts weiter als die äusserste durch äussere Einflüsse veränderte Lage der dritten Schicht, wenigstens habe ich niemals eine Abspaltung derselben beobachtet, indess ist sie konstant vorhanden und immer ziemlich scharf von der vorigen abgegrenzt.

Auf Längsschnitten sehen alle diese Schichten, mit Ausnahme natürlich der Fibrillenschicht, genau so aus, wie auf dem Querschnitte. Betrachten wir also noch, um uns eine körperliche Vorstellung bilden zu können, zwei Flächenbilder.

Auf Fig. III sehen wir einfach von oben auf die Cuticula herab,

wir haben also nur die äusserste vierte Schicht mit ihren Porenöffnungen vor uns. Das hier gezeichnete Stück gehört wieder einem Zerzupfungspräparat an. Die Oeffnungen der Kanälchen stehen in verschieden grossen aber immerhin nur sehr kleinen Abständen von einander und lassen keine besondere Anordnung erkennen. An andern Stellen schienen sie hin und wieder mehr zu einander parallellaufenden Reihen geordnet, jedenfalls herrscht darin aber keine Regelmässigkeit. Fig. XVIII zeigt uns eine tieferliegende Partie der Cuticula. Der Schnitt ist mit Osmiumsäure nachträglich gefärbt und dann in Nelkenöl und Canadabalsam gelegt. Es ist übrigens kein wirklicher Flächenschnitt, sondern, wie häufig, mehr ein flacher Schrägschnitt, der uns daher verschieden tiefgelegene Partieen theils noch untereinander, theils schon nebeneinander gelegen zeigt. Bei *a* haben wir die homogene dritte Schicht, von deren unterm Rande an wir die Lage der Fibrillen der ersten Schicht (bei *b*) beginnen sehen. Senkrecht zu diesen Fibrillen und unter ihnen gelegen laufen die einzelnen Fasern der mm. subcuticulares (die äusserste Lage der mm. longitudinales); diese bilden gewissermaassen die Scheidewände von Fächern, welche ganz mit den verschieden geformten und verschieden grossen (je nach der Höhe, in der die Zelle getroffen ist) Querschnitten der Matrixzellen angefüllt sind. Je weiter wir nach dem Cuticularrande d. h. also nach oben gehen, um so seltner werden die Querschnitte, über die übrigens die Fibrillen natürlich herüberlaufen. Zwischen diesen letzteren bleiben, wie wir sehen, schmale Zwischenräume, in denen wir eine Menge kleiner dunkler Pünktchen bemerken. Ich halte dieselben für die Endigungen der Sehnen der mm. dorso ventrales oder doch wenigstens für die Durchschnitte derselben.

Wir haben uns nun noch nach dem weiteren Verbleiben der Ausläufer der Matrixzellen umzusehen, die wir in der fein punktirten Schicht verliessen. Wenn man ein Bandwurmglied ganz frisch in 0,5% Osmiumsäure legt bis es eine schnittfähige Consistenz angenommen hat, und dann Schnitte aus demselben anfertigt, während man sich zugleich bemüht, so wenig wie möglich von der Oberfläche dieses Gliedes mit andern Gegenständen z. B. dem festhaltenden Finger u. s. w. in Berührung zu bringen, so bemerkt man bei Anwendung genügender Vergrösserungen, wie Hartnack VIII oder IX, an dem äussern freien Rande der Cuticula eine Menge feiner Cilien, welche, wenn sie unverletzt sind, immer ziemlich senkrecht zum Rande stehen. Diese Cilien sind 0,0044—0,0066 Mm. lang, 0,001—0,0015 Mm. dick, werden durch Osmiumsäure

nicht gefärbt, sondern sind sogar meist so hell und durchsichtig, dass man sie leicht übersieht, und haben die Eigenthümlichkeit, dass sie sich, in vielen Fällen wenigstens, nach der Cuticula zu und zwar dicht vor ihrer Ansatzstelle beginnend, etwas verdünnen. Die Substanz, aus der diese Cilien bestehen, ist meist, wie erwähnt, ziemlich durchsichtig, in andern Fällen findet man einige Körnchen, in noch anderen Fällen ist die ganze Masse sehr feinkörnig. Die Ränder derselben sind nicht vollkommen glatt, kurz mit einem Worte, sie machen den Eindruck von Protoplasmafäden. Man kann diese Fäden nun in vielen Fällen in die Cuticula noch ein Ende hinein verfolgen und zwar sind das meist Stellen, an denen man die Cuticula dann von sehr vielen solchen Fäden durchzogen sieht, so dass man durchaus den Eindruck gewinnt, dass diese Cilien zum grössten Theile in den Porenkanälen liegen und nur zum kleinern Theile über die Oberfläche der Cuticula hervorragen. An solchen Stellen nun, an denen der Schnitt die Cuticula schräg getroffen hat, so dass man eine halbe Flächenansicht erhält, sieht man dann häufig eine Menge solcher kleiner Fäden in geringen Entfernungen von einander aus der Cuticula hervorragen. Nachdem es so für mich keinem Zweifel mehr unterworfen war, dass diese Cilien aus den Poren hervorkämen, war es mir wenigstens hochwahrscheinlich, dass dieselben nichts weiter seien als die äusseren Fortsätze der Matrixzellen. Diese Annahme zu beweisen dadurch, dass ich einen solchen Fortsatz von Anfang bis zu Ende verfolgte, ist mir, wie es bei den sehr bedeutenden Schwierigkeiten, welche ein solches Verfolgen bietet, so leicht möglich war, nicht gelungen, doch sprechen folgende Betrachtungen für meine Annahme: erstens wissen wir, dass die Matrixzellen einen feinen Ausläufer in die Cuticula hineinsenden, dessen Ende wir anderweitig nicht gefunden haben und dessen ganze Beschaffenheit sehr wohl die Annahme seines Zusammenhangs mit den Cilien erlaubt, zweitens aber kennen wir weder in noch unter der Cuticula ein anderes Gebilde, das wir in Zusammenhang mit diesen Fäden bringen könnten und eine freie Protoplasmamasse in den Poren der Cuticula kann man doch wahrlich nicht annehmen wollen. Was nun die Menge dieser Cilien anbetrifft, so findet man dieselben natürlich an einem Querschnitt nicht überall in gleicher Häufigkeit. An vielen Stellen sind sie umgebogen oder ganz oder theilweise abgebrochen, an andern dagegen stehen sie wieder so dicht, dass ich annehmen möchte, dass nicht nur aus einigen, sondern aus allen Poren solche Cilien hervorragen,

dass also auch der erwachsene Bandwurm ein Cilienkleid besitzt. Eine Thatsache die auch in Bezug auf die vergleichende Anatomie der Würmer von Interesse ist. Ebenso wie bei Taenia solium habe ich diese Cilien natürlich auch bei T. cucumerina nachweisen können, bei der sie mir indessen kürzer und feiner schienen, wenngleich ich genaue Maasse von den nicht sehr schön erhaltenen Cilien nicht habe nehmen können. Leichter zu finden als nach der Behandlung mit Osmiumsäure sind diese Gebilde übrigens, wenn man ein frisches Glied direkt in Haematoxylin legt, darauf in Alkohol erhärtet und die Schnitte in Nelkenöl und Canadalbalsam einlegt. Die Cilien sind dann intensiv blau oder violett gefärbt, in ihrer Gestalt aber allerdings etwas verändert, wie geschrumpft, und nicht so zierlich wie nach Osmiumsäure. Ich habe diese feinen Protoplasmafäden nicht abgebildet, weil die Zeichnung sie doch nur unvollkommen wiedergeben würde, und man sie sich ja leicht vorstellen kann.

Sehr ähnliche Verhältnisse haben Sommer und Landois von Bothrioc. latus beschrieben; auch hier fanden sie die Cuticula von feinen Porenkanälchen durchsetzt und auf der Oberfläche hervorragende Protoplasmafäden. Auch sie nehmen an, dass die Protoplasmafädchen durch die Porenkanäle hindurchtreten.

Durch die Annahme solcher durch die ganze Cuticula hindurch bis zur Oberfläche hindurchtretender Ausläufer der Matrixzellen wird nun auch zugleich die Entstehung der Porenkanälchen erklärt, dieselben sind nichts weiter als die Räume in denen die Matrixzelle mit dem äussern Theile ihres Körpers liegt, rings herum bildet sie sich eine Art von Kapsel, die Grundmasse der Cuticula. Hiebei stossen wir nun allerdings noch auf ein Hinderniss. Zählt man nämlich auf einer gleich grossen Stelle zweier Flächenschnitte einmal die Oeffnungen der Porenkanälchen und zweitens die Querschnitte der Matrixzellen, so findet man etwa $2^1/_2$—3 mal soviel der ersteren als der letzteren, eine Thatsache, die zu der Annahme zwingt, dass die Matrixzellen mehr als einen Ausläufer nach Aussen senden, einer Annahme, die nichts Unwahrscheinliches hat, welche direkt zu beweisen mir indessen nicht gelungen ist.

Noch möchte ich hier zum Schlusse eine von Rindfleisch ausgesprochene Ansicht besprechen, welche mir irrthümlich zu sein scheint. Er sagt Folgendes: „mit Hülfe eines Hartnack'schen Immersionssystems kann man sich überzeugen, dass die Spindeln kernhaltige Zellen sind“ (Rindfleisch erkannte zuerst die Spindel-

form der Matrixzellen) „was sie unter einander verbindet, ist eine feingranulirte Grundsubstanz, die nach Innen zu unmittelbar in die geschwungenen Fibrillen des parenchymatösen Bindegewebes übergeht. Die Hauptmasse der Subcuticularschicht ist also bindegewebiger, nicht epithelialer Natur und auch der erwähnte schmale periphere Saum" (meine „Fibrillenschicht") „ist lediglich aus Bündeln feinster Bindegewebsfibrillen zusammengesetzt, welche der Quere nach verlaufen und daher auf dem Längsschnitte als kleine Gruppen von Pünktchen hervortreten" (S. 140). Einmal nun unterscheiden sich die Matrixzellen sowohl durch die Gestalt der ganzen Zelle, wie eine Vergleichung mit Fig. X und Fig. XV u. s. w. lehrt, als auch durch die Form des Kerns, ferner durch ihr Verhalten gegen Karmin, Haematoxylin, Indigkarmin, Palladiumchlorür, durch welche sie sehr intensiv gefärbt werden, während die Bindegewebszellen ganz blass bleiben, abgesehen hievon aber muss ich bestreiten, dass aus ihnen oder aus einer zu ihnen gehörigen Zwischensubstanz Bindegewebsfibrillen hervorgehen. Zunächst vermuthe ich nun, dass die „geschwungenen Fibrillen" von Rindfleisch meine „Sehnen der mm. dorso ventral." sind, die in der That oft einen zickzackförmigen Verlauf haben, ich finde wenigstens keine anderen. Diese Sehnen kann man nun aber, wie erwähnt, an günstigen Stellen bis in die Cuticula hinein verfolgen, sie laufen also nur zwischen den Matrixzellen hindurch. Der Irrthum scheint mir auf folgende Weise entstanden zu sein: diese Sehnenfibrillen entstehen, wie wir weiterhin sehen werden, aus Bindegewebszellen, die in ihrem Verlauf eingeschaltet sind, diese Zellen haben ein körniges Protoplasma, und liegen hin und wieder allerdings dicht den Matrixzellen an, ohne mit diesen aber sonst etwas zu thun zu haben.

Das bindegewebige Körperparenchym.

Die Hauptmasse des Körpers von T. solium wird von einem eigenthümlichen Bindegewebe gebildet, an dem man zunächst zwei Hauptabtheilungen, die eigentlichen Zellen und die von ihnen abgeschiedene Intercellularsubstanz unterscheiden kann. An jungen Gliedern kann man die Struktur dieses Gewebes nur ungenügend studiren, da die Zellen hier dicht aneinanderliegen und als membranlose Protoplasmaklümpchen ihre Grenzen, indem sie scheinbar zusammenfliessen, nur schwer erkennen lassen. Bei einem alten Gliede dagegen finden wir dieselben durch weite Zwischenräume getrennt.

Hier sehen wir zunächst ein sehr zierliches Intercellularnetz, das aus feinen, bald mehr platten, bald mehr runden Bälkchen gebildet wird, die frisch mit Osmiumsäure behandelt vollkommen hell und durchsichtig erscheinen, durch Palladiumchlorür und namentlich Goldchlorid sehr intensiv gefärbt werden, und auch bei Anwendung von Haematoxylin schon erkennbar sind. Fig. VI zeigt uns dasselbe nach einem mit Goldchlorid behandelten Längsschnitte. Bei *a* beginnt die Schicht der Matrixzellen, die bei der tiefen Goldfärbung nur einen einzigen schwarzen Streifen bildet, die Cuticula ist fortgelassen. Bei *b*, *b*, *b* sehen wir die verschiedenen Bündel der mm. longitudin., bei *c* die dicke Lage der mm. transversal.. welche zugleich die Grenze der Rindenschicht bildet, sodann folgt noch ein Stückchen der Mittelschicht. Dieses Netzwerk beginnt, wie man an günstigen Präparaten sieht, am innern Rande der Cuticula, ist also in der Subcuticularschicht schon vorhanden und geht ununterbrochen durch das ganze Glied hindurch, die Genitalorgane sind in dasselbe nur eingesprengt; in seinen Maschen liegen oder lagen (falls sie zu Grunde gegangen sind) die Bindegewebszellen, welche die Bälkchen ausscheiden. Besonders eng sind die Maschen überall da, wo Muskelzüge hindurchtreten, denn die einzelnen Muskelbündel und Fasern liegen eben in diesem Maschenwerk eingebettet. Dieses Intercellularnetz dürfte nicht unbedeutend zur Festigkeit des Taenienkörpers beitragen, es bildet eine Art von Skelet. In den Maschen desselben finden wir nun durch den ganzen Körper hin zerstreut eine Menge von Bindegewebszellen. Sie sind durchgängig membranlos, aus einen körnigem Protoplasma gebildet, mit einem sehr deutlichen runden Kern versehen, in dem sich stets ein sehr deutliches Kernkörperchen findet, haben bald eine spindelförmige Gestalt, bald sind sie drei- auch viereckig, jenachdem sie zwei, drei oder vier feine ebenfalls aus körnigem Protoplasma bestehende Fortsätze aussenden. Fig. XV zeigt uns mehrere solcher Zellen bei *a* (Hartnack Obj. IX à Immers.), bei *c* eine mit zwei Kernen, die also wahrscheinlich in der Theilung begriffen war, bei *b* eine von einer Membran umgebene auch sonst schon veränderte Zelle, die sich wohl in einem Degenerationsprocesse befindet. Auf diese letztere werden wir später noch zurückkommen. Auf Fig. X sehen wir bei *i*, *i* zwei solcher Zellen. Man findet dieselben also bei alten Gliedern allerdings durch den ganzen Körper zerstreut, aber lange nicht in allen Maschen liegend, am häufigsten sind sie in der Mittelschicht; auch zwischen den eng aneinanderliegenden Muskelbündeln der mm. transversi fehlen sie nicht, wie

Fig. XI bei *d*, *d*, *d* zeigt. Die Zellen sind von sehr verschiedener Grösse, und sowohl in der Rinden- wie in der Mittelschicht finden sich solche, bei denen der Kern nur von wenig körnigem Protoplasma umgeben ist, die aber nichtsdestoweniger Ausläufer nach den verschiedensten Richtungen hin aussenden, die sich hin und wieder zu einem Netz zu vereinigen scheinen, wie es wenigstens Fig. IX (Palladiumchlorür. Hartnack IX à Immers.), welche eine Partie der Mittelschicht darstellt, wahrscheinlich macht. Ausserdem finden sich aber, namentlich in den Rindenschichten eine Menge Kerne, welche vollkommen frei zu liegen scheinen, wenigstens habe ich keine Spuren von umgebenden Protoplasma auffinden können. Dieselben sehen sonst genau so aus wie die Kerne der Bindegewebszellen und haben auch stets ein deutliches Kernkörperchen; sie färben sich mit Haematoxylin ebenso schön, wie die andern. Ich kann mir nur denken, dass diese Kerne, trotzdem an ihnen keine Spur von Degeneration zu erkennen ist, doch degenerirten Zellen angehören, deren Körper bereits verschwunden ist, wenn man nicht annehmen will, dass durch die Präparationsmethoden ein Theil der zarten Zellen zu Grunde gegangen ist, während die consistenteren Kerne übrig blieben. Solche Kerne finden wir auf Fig. V bei *d*, *d*, auf Fig. VI bei *f*, *f*, auf Fig. X bei *c*, *c*. Alle diese Bindegewebszellen, grosse und kleine, haben die Eigenschaft, dass sie sich nur schwach färben, sei es nun, dass man Palladiumchlorür, Haematoxylin, Karmin oder Indigkarmin anwendet, während ihre Kerne sehr schön gefärbt erscheinen. Hier ist besonders Haematoxylin zu empfehlen, das überhaupt reizende Bilder giebt.

Neben diesen freien Bindegewebszellen findet man noch eine zweite Art: solche, welche Fibrillen bilden. Man sieht nämlich durch die ganze Rindenschicht hin, hauptsächlich aber in den äusseren Partieen liegend, eine Menge spindelförmiger Zellen, welche radiär stehen und auch oft eine gewisse Anordnung nach Reihen erkennen lassen. Von diesen Zellen gehen nach Innen und Aussen Fortsätze aus, welche nicht körnig sind, sondern homogen erscheinen, dicker sind als die Protoplasmafortsätze der anderen, und sehr häufig einen zickzackförmigen Verlauf haben. An günstigen Präparaten, an denen man diese Fortsätze weiter verfolgen kann, sieht man sie nach der Mitte zu dicker und dicker werden und in die Fasern der mm. dorso ventr. übergehen, deren Sehnen sie also darzustellen scheinen. Die Zellen selbst sehen

den andern Bindegewebszellen sehr ähnlich, besitzen aber eine Membran (Fig. V *a*, Fig. X *d*, *d*).

Ich erwähnte oben bereits eine Art der Degeneration der Bindegewebszellen, es ist dies indess nicht die einzige, eine andere und wahrscheinlich viel häufigere ist die Verkalkung derselben, die Umwandlung der Zellen in

Kalkkörperchen.

Durch das ganze Körperparenchym von T. solium zerstreut, in allen drei Schichten, nur die Cuticula und die Subcuticularschicht, sowie jene eigenthümliche spongiöse Substanz der Mittelschicht ausgenommen, sehen wir eine Menge von kleinen runden oder ovalen Körperchen, welche sehr häufig eine deutliche concentrische Schichtung ähnlich den Amylonkörnchen erkennen lassen. Diese Körperchen erscheinen von der Seite gesehen länglich oval, sind also abgeplattet und schwanken in ihrem Durchmesser zwischen 0,0132 und 0,0187 Mm. Dieselben färben sich intentiv bei Anwendung von Indigkarmin und Haematoxylin, nur sehr schwach bei Goldchlorid und Palladiumchlorür, so gut wie gar nicht in Karmin. Man findet dieselben schon in sehr jungen Gliedern, jedoch in weit geringerer Anzahl als in den alten; über die jüngsten Glieder und den Kopf habe ich keine Erfahrungen, da dieselben meinen Exemplaren von T. solium fehlten. Solche Körperchen sehen wir auf Fig. V *i* und *k* (letzteres von der Seite gesehen), Fig. VIII *d*, Fig. X *h*, *h*, *h*; (mit wenig ausgeprägten concentrischen Ringen), Fig. XI *e* (gut entwickeltes Körperchen mit vielen Ringen). Die Annahme, dass diese Kalkkörperchen nicht einfache Concretionen seien, sondern aus Zellen, welche verkalken, entstehen, ist schon von mehreren Beobachtern gemacht, sie lag auch in der That nahe bei der Formähnlichkeit der Körperchen mit Zellen. Auch Rindfleisch vertritt sie in seiner Arbeit und Landois und Sommer stellen dieselbe Behauptung für Bothriocephalus auf. Sie fanden bei diesem Thiere die bindegewebige Grundsubstanz „aus grossen, äusserst zahlreichen, rundlichen oder ovalen Zellen und einer wenig reichlichen Intercellularsubstanz gebildet“. Aus diesen Zellen lassen sie dann durch Verkalkung die Kalkkörperchen hervorgehen, ebenso wie Virchow es gethan hatte. Auch ich habe wie Rindfleisch zahlreiche Uebergangsformen von der Bindegewebszelle zum Kalkkörperchen gesehen, einige davon sind in Fig. VIII abgebildet. Danach stelle ich mir den Vorgang folgendermaassen vor: Zunächst umgiebt sich eine

der freiliegenden Zellen, nachdem sie ihre Ausläufer eingezogen hat, mit einer Membran (Fig. XV *b*). Das Protoplasma einer solchen Zelle sieht anders aus als in normalem Zustande, die Körnchen sind weiter auseinandergerückt, kurz es sieht so aus, als ob der Zellinhalt verdünnt sei. Dann tritt mehr und mehr Flüssigkeit in die Zelle ein, das Protoplasma schrumpft und zieht sich um den Kern zusammen wie bei *a* und a_1 (letztere Zelle halb von der Seite gesehen), so dass es wie eine Kugel in der mit Flüssigkeit gefüllten Zellblase schwimmt. Dann scheint dieses Protoplasma mehr und mehr zu verschwinden bis endlich nur der Kern, der inzwischen auch meist sein Kernkörperchen eingebüsst hat, übrig bleibt, so bei *b*, b_1, b_{11}. Von diesem Kern aus beginnt dann die Verkalkung, die sich in einzelnen Zonen nach dem Rande fortsetzt: so erhalten wir Bilder wie Fig. VIII bei *c* und endlich das fertige Kalkkörperchen bei *d*, welches dann stationär zu bleiben scheint. Beziehungen zwischen den Kalkkörperchen und den excretorischen Canälen habe ich nicht nachweisen können, ebensowenig bin ich im Stande anzugeben, weshalb so viele Bindegewebszellen verkalken.

Eine ganz entgegengesetzte Ansicht vertritt Schneider. Er läugnet sowohl die spindelförmigen Matrixzellen als die Bindegewebszellen und nimmt nur ein diffuses körniges Protoplasma an, in welchem die Muskelfasern ebenso wie die Nerven, Wassergefässe und Geschlechtsorgane eingebettet seien. Demgemäss behauptet er natürlich auch, dass sich die Kalkkörperchen nicht aus Zellen, sondern durch Verkalkung von gewissen, mit Karmin sich tiefroth färbenden Protoplasmastellen, die nicht weiter begrenzt sind, entwickeln. Schliesslich sagt er allerdings: „Indess liegt dieses Protoplasma gewiss nicht als eine homogene Masse in dem Innern des Thieres. Wir haben eben nur wenige und sehr grobe Mittel, um die Organisation dieser Substanz zu untersuchen".

Musculatur.

Wie schon öfter erwähnt, unterscheide ich an den Gliedern von T. solium, ihr Kopf stand mir nicht zu Gebot, drei Hauptgruppen von Muskelfasern, je nach ihrem Verlaufe: die mm. transversi, mm. longitudinales und mm. dorsoventrales. Mit den Angaben von Nitsche kann ich meinen Befund leider nicht vergleichen, da derselbe von T. solium nur die Anordnung der Muskeln des Kopfes beschreibt, und die einzelnen Arten der Taenien ziemlich bedeutende Abweichungen darzubieten scheinen. Da die An-

den andern Bindegewebszellen sehr ähnlich, besitzen aber eine Membran (Fig. V *a*, Fig. X *d*, *d*).

Ich erwähnte oben bereits eine Art der Degeneration der Bindegewebszellen, es ist dies indess nicht die einzige, eine andere und wahrscheinlich viel häufigere ist die Verkalkung derselben, die Umwandlung der Zellen in

Kalkkörperchen.

Durch das ganze Körperparenchym von T. solium zerstreut, in allen drei Schichten, nur die Cuticula und die Subcuticularschicht, sowie jene eigenthümliche spongiöse Substanz der Mittelschicht ausgenommen, sehen wir eine Menge von kleinen runden oder ovalen Körperchen, welche sehr häufig eine deutliche concentrische Schichtung ähnlich den Amylonkörnchen erkennen lassen. Diese Körperchen erscheinen von der Seite gesehen länglich oval, sind also abgeplattet und schwanken in ihrem Durchmesser zwischen 0,0132 und 0,0187 Mm. Dieselben färben sich intentiv bei Anwendung von Indigkarmin und Haematoxylin, nur sehr schwach bei Goldchlorid und Palladiumchlorür, so gut wie gar nicht in Karmin. Man findet dieselben schon in sehr jungen Gliedern, jedoch in weit geringerer Anzahl als in den alten; über die jüngsten Glieder und den Kopf habe ich keine Erfahrungen, da dieselben meinen Exemplaren von T. solium fehlten. Solche Körperchen sehen wir auf Fig. V *i* und *k* (letzteres von der Seite gesehen), Fig. VIII *d*, Fig. X *h*, *h*, *h*; (mit wenig ausgeprägten concentrischen Ringen), Fig. XI *e* (gut entwickeltes Körperchen mit vielen Ringen). Die Annahme, dass diese Kalkkörperchen nicht einfache Concretionen seien, sondern aus Zellen, welche verkalken, entstehen, ist schon von mehreren Beobachtern gemacht, sie lag auch in der That nahe bei der Formähnlichkeit der Körperchen mit Zellen. Auch Rindfleisch vertritt sie in seiner Arbeit und Landois und Sommer stellen dieselbe Behauptung für Bothriocephalus auf. Sie fanden bei diesem Thiere die bindegewebige Grundsubstanz „aus grossen, äusserst zahlreichen, rundlichen oder ovalen Zellen und einer wenig reichlichen Intercellularsubstanz gebildet“. Aus diesen Zellen lassen sie dann durch Verkalkung die Kalkkörperchen hervorgehen, ebenso wie Virchow es gethan hatte. Auch ich habe wie Rindfleisch zahlreiche Uebergangsformen von der Bindegewebszelle zum Kalkkörperchen gesehen, einige davon sind in Fig. VIII abgebildet. Danach stelle ich mir den Vorgang folgendermaassen vor: Zunächst umgiebt sich eine

der freiliegenden Zellen, nachdem sie ihre Ausläufer eingezogen hat, mit einer Membran (Fig. XV *b*). Das Protoplasma einer solchen Zelle sieht anders aus als in normalem Zustande, die Körnchen sind weiter auseinandergerückt, kurz es sieht so aus, als ob der Zellinhalt verdünnt sei. Dann tritt mehr und mehr Flüssigkeit in die Zelle ein, das Protoplasma schrumpft und zieht sich um den Kern zusammen wie bei *a* und a_1 (letztere Zelle halb von der Seite gesehen), so dass es wie eine Kugel in der mit Flüssigkeit gefüllten Zellblase schwimmt. Dann scheint dieses Protoplasma mehr und mehr zu verschwinden bis endlich nur der Kern, der inzwischen auch meist sein Kernkörperchen eingebüsst hat, übrig bleibt, so bei *b*, b_1, b_{11}. Von diesem Kern aus beginnt dann die Verkalkung, die sich in einzelnen Zonen nach dem Rande fortsetzt: so erhalten wir Bilder wie Fig. VIII bei *c* und endlich das fertige Kalkkörperchen bei *d*, welches dann stationär zu bleiben scheint. Beziehungen zwischen den Kalkkörperchen und den excretorischen Canälen habe ich nicht nachweisen können, ebensowenig bin ich im Stande anzugeben, weshalb so viele Bindegewebszellen verkalken.

Eine ganz entgegengesetzte Ansicht vertritt Schneider. Er läugnet sowohl die spindelförmigen Matrixzellen als die Bindegewebszellen und nimmt nur ein diffuses körniges Protoplasma an, in welchem die Muskelfasern ebenso wie die Nerven, Wassergefässe und Geschlechtsorgane eingebettet seien. Demgemäss behauptet er natürlich auch, dass sich die Kalkkörperchen nicht aus Zellen, sondern durch Verkalkung von gewissen, mit Karmin sich tiefroth färbenden Protoplasmastellen, die nicht weiter begrenzt sind, entwickeln. Schliesslich sagt er allerdings: „Indess liegt dieses Protoplasma gewiss nicht als eine homogene Masse in dem Innern des Thieres. Wir haben eben nur wenige und sehr grobe Mittel, um die Organisation dieser Substanz zu untersuchen".

Musculatur.

Wie schon öfter erwähnt, unterscheide ich an den Gliedern von T. solium, ihr Kopf stand mir nicht zu Gebot, drei Hauptgruppen von Muskelfasern, je nach ihrem Verlaufe: die mm. transversi, mm. longitudinales und mm. dorsoventrales. Mit den Angaben von Nitsche kann ich meinen Befund leider nicht vergleichen, da derselbe von T. solium nur die Anordnung der Muskeln des Kopfes beschreibt, und die einzelnen Arten der Taenien ziemlich bedeutende Abweichungen darzubieten scheinen. Da die An-

wir haben also nur die äusserste vierte Schicht mit ihren Porenöffnungen vor uns. Das hier gezeichnete Stück gehört wieder einem Zerzupfungspräparat an. Die Oeffnungen der Kanälchen stehen in verschieden grossen aber immerhin nur sehr kleinen Abständen von einander und lassen keine besondere Anordnung erkennen. An andern Stellen schienen sie hin und wieder mehr zu einander parallellaufenden Reihen geordnet, jedenfalls herrscht darin aber keine Regelmässigkeit. Fig. XVIII zeigt uns eine tieferliegende Partie der Cuticula. Der Schnitt ist mit Osmiumsäure nachträglich gefärbt und dann in Nelkenöl und Canadabalsam gelegt. Es ist übrigens kein wirklicher Flächenschnitt, sondern, wie häufig, mehr ein flacher Schrägschnitt, der uns daher verschieden tiefgelegene Partieen theils noch untereinander, theils schon nebeneinander gelegen zeigt. Bei *a* haben wir die homogene dritte Schicht, von deren unterm Rande an wir die Lage der Fibrillen der ersten Schicht (bei *b*) beginnen sehen. Senkrecht zu diesen Fibrillen und unter ihnen gelegen laufen die einzelnen Fasern der mm. subcuticulares (die äusserste Lage der mm. longitudinales); diese bilden gewissermaassen die Scheidewände von Fächern, welche ganz mit den verschieden geformten und verschieden grossen (je nach der Höhe, in der die Zelle getroffen ist) Querschnitten der Matrixzellen angefüllt sind. Je weiter wir nach dem Cuticularrande d. h. also nach oben gehen, um so seltner werden die Querschnitte, über die übrigens die Fibrillen natürlich herüberlaufen. Zwischen diesen letzteren bleiben, wie wir sehen, schmale Zwischenräume, in denen wir eine Menge kleiner dunkler Pünktchen bemerken. Ich halte dieselben für die Endigungen der Sehnen der mm. dorso ventrales oder doch wenigstens für die Durchschnitte derselben.

Wir haben uns nun noch nach dem weiteren Verbleiben der Ausläufer der Matrixzellen umzusehen, die wir in der fein punktirten Schicht verliessen. Wenn man ein Bandwurmglied ganz frisch in 0,5% Osmiumsäure legt bis es eine schnittfähige Consistenz angenommen hat, und dann Schnitte aus demselben anfertigt, während man sich zugleich bemüht, so wenig wie möglich von der Oberfläche dieses Gliedes mit andern Gegenständen z. B. dem festhaltenden Finger u. s. w. in Berührung zu bringen, so bemerkt man bei Anwendung genügender Vergrösserungen, wie Hartnack VIII oder IX, an dem äussern freien Rande der Cuticula eine Menge feiner Cilien, welche, wenn sie unverletzt sind, immer ziemlich senkrecht zum Rande stehen. Diese Cilien sind 0,0044—0,0066 Mm. lang, 0,001—0,0015 Mm. dick, werden durch Osmiumsäure

nicht gefärbt, sondern sind sogar meist so hell und durchsichtig, dass man sie leicht übersieht, und haben die Eigenthümlichkeit, dass sie sich, in vielen Fällen wenigstens, nach der Cuticula zu und zwar dicht vor ihrer Ansatzstelle beginnend, etwas verdünnen. Die Substanz, aus der diese Cilien bestehen, ist meist, wie erwähnt, ziemlich durchsichtig, in andern Fällen findet man einige Körnchen, in noch anderen Fällen ist die ganze Masse sehr feinkörnig. Die Ränder derselben sind nicht vollkommen glatt, kurz mit einem Worte, sie machen den Eindruck von Protoplasmafäden. Man kann diese Fäden nun in vielen Fällen in die Cuticula noch ein Ende hinein verfolgen und zwar sind das meist Stellen, an denen man die Cuticula dann von sehr vielen solchen Fäden durchzogen sieht, so dass man durchaus den Eindruck gewinnt, dass diese Cilien zum grössten Theile in den Porenkanälen liegen und nur zum kleinern Theile über die Oberfläche der Cuticula hervorragen. An solchen Stellen nun, an denen der Schnitt die Cuticula schräg getroffen hat, so dass man eine halbe Flächenansicht erhält, sieht man dann häufig eine Menge solcher kleiner Fäden in geringen Entfernungen von einander aus der Cuticula hervorragen. Nachdem es so für mich keinem Zweifel mehr unterworfen war, dass diese Cilien aus den Poren hervorkämen, war es mir wenigstens hochwahrscheinlich, dass dieselben nichts weiter seien als die äusseren Fortsätze der Matrixzellen. Diese Annahme zu beweisen dadurch, dass ich einen solchen Fortsatz von Anfang bis zu Ende verfolgte, ist mir, wie es bei den sehr bedeutenden Schwierigkeiten, welche ein solches Verfolgen bietet, so leicht möglich war, nicht gelungen, doch sprechen folgende Betrachtungen für meine Annahme: erstens wissen wir, dass die Matrixzellen einen feinen Ausläufer in die Cuticula hineinsenden, dessen Ende wir anderweitig nicht gefunden haben und dessen ganze Beschaffenheit sehr wohl die Annahme seines Zusammenhangs mit den Cilien erlaubt, zweitens aber kennen wir weder in noch unter der Cuticula ein anderes Gebilde, das wir in Zusammenhang mit diesen Fäden bringen könnten und eine freie Protoplasmamasse in den Poren der Cuticula kann man doch wahrlich nicht annehmen wollen. Was nun die Menge dieser Cilien anbetrifft, so findet man dieselben natürlich an einem Querschnitt nicht überall in gleicher Häufigkeit. An vielen Stellen sind sie umgebogen oder ganz oder theilweise abgebrochen, an andern dagegen stehen sie wieder so dicht, dass ich annehmen möchte, dass nicht nur aus einigen, sondern aus allen Poren solche Cilien hervorragen,

wir haben also nur die äusserste vierte Schicht mit ihren Porenöffnungen vor uns. Das hier gezeichnete Stück gehört wieder einem Zerzupfungspräparat an. Die Oeffnungen der Kanälchen stehen in verschieden grossen aber immerhin nur sehr kleinen Abständen von einander und lassen keine besondere Anordnung erkennen. An andern Stellen schienen sie hin und wieder mehr zu einander parallellaufenden Reihen geordnet, jedenfalls herrscht darin aber keine Regelmässigkeit. Fig. XVIII zeigt uns eine tieferliegende Partie der Cuticula. Der Schnitt ist mit Osmiumsäure nachträglich gefärbt und dann in Nelkenöl und Canadabalsam gelegt. Es ist übrigens kein wirklicher Flächenschnitt, sondern, wie häufig, mehr ein flacher Schrägschnitt, der uns daher verschieden tiefgelegene Partieen theils noch untereinander, theils schon nebeneinander gelegen zeigt. Bei *a* haben wir die homogene dritte Schicht, von deren unterm Rande an wir die Lage der Fibrillen der ersten Schicht (bei *b*) beginnen sehen. Senkrecht zu diesen Fibrillen und unter ihnen gelegen laufen die einzelnen Fasern der mm. subcuticulares (die äusserste Lage der mm. longitudinales); diese bilden gewissermaassen die Scheidewände von Fächern, welche ganz mit den verschieden geformten und verschieden grossen (je nach der Höhe, in der die Zelle getroffen ist) Querschnitten der Matrixzellen angefüllt sind. Je weiter wir nach dem Cuticularrande d. h. also nach oben gehen, um so seltner werden die Querschnitte, über die übrigens die Fibrillen natürlich herüberlaufen. Zwischen diesen letzteren bleiben, wie wir sehen, schmale Zwischenräume, in denen wir eine Menge kleiner dunkler Pünktchen bemerken. Ich halte dieselben für die Endigungen der Sehnen der mm. dorso ventrales oder doch wenigstens für die Durchschnitte derselben.

Wir haben uns nun noch nach dem weiteren Verbleiben der Ausläufer der Matrixzellen umzusehen, die wir in der fein punktirten Schicht verliessen. Wenn man ein Bandwurmglied ganz frisch in 0,5% Osmiumsäure legt bis es eine schnittfähige Consistenz angenommen hat, und dann Schnitte aus demselben anfertigt, während man sich zugleich bemüht, so wenig wie möglich von der Oberfläche dieses Gliedes mit andern Gegenständen z. B. dem festhaltenden Finger u. s. w. in Berührung zu bringen, so bemerkt man bei Anwendung genügender Vergrösserungen, wie Hartnack VIII oder IX, an dem äussern freien Rande der Cuticula eine Menge feiner Cilien, welche, wenn sie unverletzt sind, immer ziemlich senkrecht zum Rande stehen. Diese Cilien sind 0,0044—0,0066 Mm. lang, 0,001—0,0015 Mm. dick, werden durch Osmiumsäure

nicht gefärbt, sondern sind sogar meist so hell und durchsichtig, dass man sie leicht übersieht, und haben die Eigenthümlichkeit, dass sie sich, in vielen Fällen wenigstens, nach der Cuticula zu und zwar dicht vor ihrer Ansatzstelle beginnend, etwas verdünnen. Die Substanz, aus der diese Cilien bestehen, ist meist, wie erwähnt, ziemlich durchsichtig, in andern Fällen findet man einige Körnchen, in noch anderen Fällen ist die ganze Masse sehr feinkörnig. Die Ränder derselben sind nicht vollkommen glatt, kurz mit einem Worte, sie machen den Eindruck von Protoplasmafäden. Man kann diese Fäden nun in vielen Fällen in die Cuticula noch ein Ende hinein verfolgen und zwar sind das meist Stellen, an denen man die Cuticula dann von sehr vielen solchen Fäden durchzogen sieht, so dass man durchaus den Eindruck gewinnt, dass diese Cilien zum grössten Theile in den Porenkanälen liegen und nur zum kleinern Theile über die Oberfläche der Cuticula hervorragen. An solchen Stellen nun, an denen der Schnitt die Cuticula schräg getroffen hat, so dass man eine halbe Flächenansicht erhält, sieht man dann häufig eine Menge solcher kleiner Fäden in geringen Entfernungen von einander aus der Cuticula hervorragen. Nachdem es so für mich keinem Zweifel mehr unterworfen war, dass diese Cilien aus den Poren hervorkämen, war es mir wenigstens hochwahrscheinlich, dass dieselben nichts weiter seien als die äusseren Fortsätze der Matrixzellen. Diese Annahme zu beweisen dadurch, dass ich einen solchen Fortsatz von Anfang bis zu Ende verfolgte, ist mir, wie es bei den sehr bedeutenden Schwierigkeiten, welche ein solches Verfolgen bietet, so leicht möglich war, nicht gelungen, doch sprechen folgende Betrachtungen für meine Annahme: erstens wissen wir, dass die Matrixzellen einen feinen Ausläufer in die Cuticula hineinsenden, dessen Ende wir anderweitig nicht gefunden haben und dessen ganze Beschaffenheit sehr wohl die Annahme seines Zusammenhangs mit den Cilien erlaubt, zweitens aber kennen wir weder in noch unter der Cuticula ein anderes Gebilde, das wir in Zusammenhang mit diesen Fäden bringen könnten und eine freie Protoplasmamasse in den Poren der Cuticula kann man doch wahrlich nicht annehmen wollen. Was nun die Menge dieser Cilien anbetrifft, so findet man dieselben natürlich an einem Querschnitt nicht überall in gleicher Häufigkeit. An vielen Stellen sind sie umgebogen oder ganz oder theilweise abgebrochen, an andern dagegen stehen sie wieder so dicht, dass ich annehmen möchte, dass nicht nur aus einigen, sondern aus allen Poren solche Cilien hervorragen,

den andern Bindegewebszellen sehr ähnlich, besitzen aber eine Membran (Fig. V *a*, Fig. X *d*, *d*).

Ich erwähnte oben bereits eine Art der Degeneration der Bindegewebszellen, es ist dies indess nicht die einzige, eine andere und wahrscheinlich viel häufigere ist die Verkalkung derselben, die Umwandlung der Zellen in

Kalkkörperchen.

Durch das ganze Körperparenchym von T. solium zerstreut, in allen drei Schichten, nur die Cuticula und die Subcuticularschicht, sowie jene eigenthümliche spongiöse Substanz der Mittelschicht ausgenommen, sehen wir eine Menge von kleinen runden oder ovalen Körperchen, welche sehr häufig eine deutliche concentrische Schichtung ähnlich den Amylonkörnchen erkennen lassen. Diese Körperchen erscheinen von der Seite gesehen länglich oval, sind also abgeplattet und schwanken in ihrem Durchmesser zwischen 0,0132 und 0,0187 Mm. Dieselben färben sich intentiv bei Anwendung von Indigkarmin und Haematoxylin, nur sehr schwach bei Goldchlorid und Palladiumchlorür, so gut wie gar nicht in Karmin. Man findet dieselben schon in sehr jungen Gliedern, jedoch in weit geringerer Anzahl als in den alten; über die jüngsten Glieder und den Kopf habe ich keine Erfahrungen, da dieselben meinen Exemplaren von T. solium fehlten. Solche Körperchen sehen wir auf Fig. V *i* und *k* (letzteres von der Seite gesehen), Fig. VIII *d*, Fig. X *h*, *h*, *h*; (mit wenig ausgeprägten concentrischen Ringen), Fig. XI *e* (gut entwickeltes Körperchen mit vielen Ringen). Die Annahme, dass diese Kalkkörperchen nicht einfache Concretionen seien, sondern aus Zellen, welche verkalken, entstehen, ist schon von mehreren Beobachtern gemacht, sie lag auch in der That nahe bei der Formähnlichkeit der Körperchen mit Zellen. Auch Rindfleisch vertritt sie in seiner Arbeit und Landois und Sommer stellen dieselbe Behauptung für Bothriocephalus auf. Sie fanden bei diesem Thiere die bindegewebige Grundsubstanz „aus grossen, äusserst zahlreichen, rundlichen oder ovalen Zellen und einer wenig reichlichen Intercellularsubstanz gebildet“. Aus diesen Zellen lassen sie dann durch Verkalkung die Kalkkörperchen hervorgehen, ebenso wie Virchow es gethan hatte. Auch ich habe wie Rindfleisch zahlreiche Uebergangsformen von der Bindegewebszelle zum Kalkkörperchen gesehen, einige davon sind in Fig. VIII abgebildet. Danach stelle ich mir den Vorgang folgendermaassen vor: Zunächst umgiebt sich eine

der freiliegenden Zellen, nachdem sie ihre Ausläufer eingezogen hat, mit einer Membran (Fig. XV *b*). Das Protoplasma einer solchen Zelle sieht anders aus als in normalem Zustande, die Körnchen sind weiter auseinandergerückt, kurz es sieht so aus, als ob der Zellinhalt verdünnt sei. Dann tritt mehr und mehr Flüssigkeit in die Zelle ein, das Protoplasma schrumpft und zieht sich um den Kern zusammen wie bei *a* und a_1 (letztere Zelle halb von der Seite gesehen), so dass es wie eine Kugel in der mit Flüssigkeit gefüllten Zellblase schwimmt. Dann scheint dieses Protoplasma mehr und mehr zu verschwinden bis endlich nur der Kern, der inzwischen auch meist sein Kernkörperchen eingebüsst hat, übrig bleibt, so bei *b*, b_1, b_{11}. Von diesem Kern aus beginnt dann die Verkalkung, die sich in einzelnen Zonen nach dem Rande fortsetzt: so erhalten wir Bilder wie Fig. VIII bei *c* und endlich das fertige Kalkkörperchen bei *d*, welches dann stationär zu bleiben scheint. Beziehungen zwischen den Kalkkörperchen und den excretorischen Canälen habe ich nicht nachweisen können, ebensowenig bin ich im Stande anzugeben, weshalb so viele Bindegewebszellen verkalken.

Eine ganz entgegengesetzte Ansicht vertritt Schneider. Er läugnet sowohl die spindelförmigen Matrixzellen als die Bindegewebszellen und nimmt nur ein diffuses körniges Protoplasma an, in welchem die Muskelfasern ebenso wie die Nerven, Wassergefässe und Geschlechtsorgane eingebettet seien. Demgemäss behauptet er natürlich auch, dass sich die Kalkkörperchen nicht aus Zellen, sondern durch Verkalkung von gewissen, mit Karmin sich tiefroth färbenden Protoplasmastellen, die nicht weiter begrenzt sind, entwickeln. Schliesslich sagt er allerdings: „Indess liegt dieses Protoplasma gewiss nicht als eine homogene Masse in dem Innern des Thieres. Wir haben eben nur wenige und sehr grobe Mittel, um die Organisation dieser Substanz zu untersuchen".

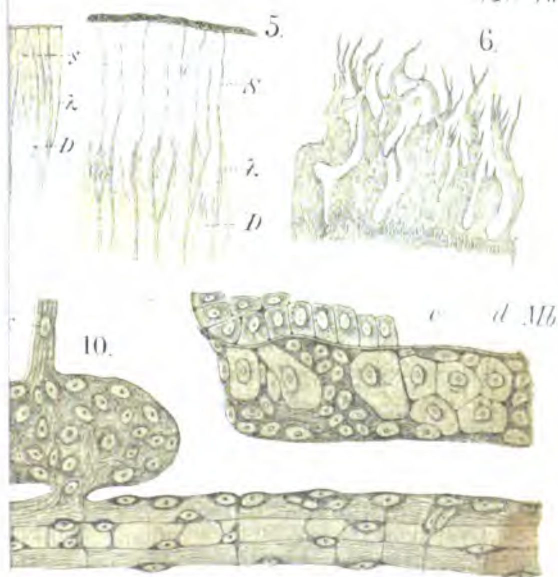
Musculatur.

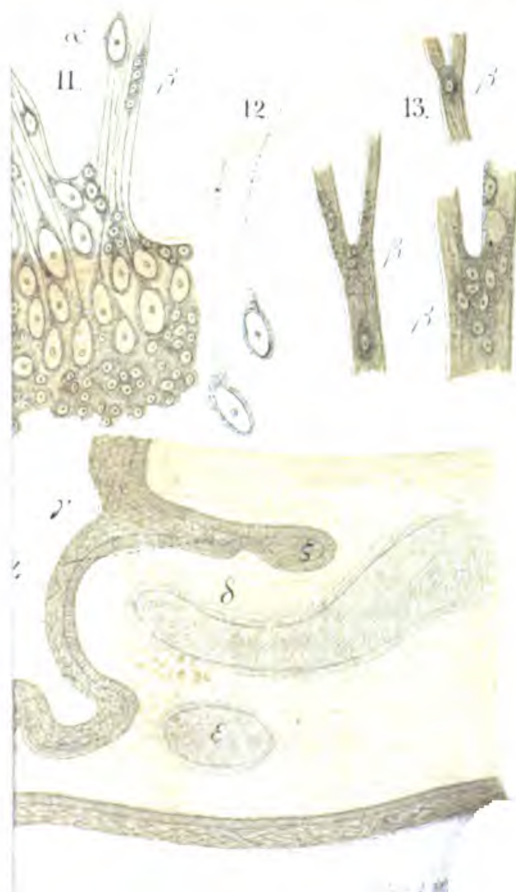
Wie schon öfter erwähnt, unterscheide ich an den Gliedern von T. solium, ihr Kopf stand mir nicht zu Gebot, drei Hauptgruppen von Muskelfasern, je nach ihrem Verlaufe: die mm. transversi, mm. longitudinales und mm. dorsoventrales. Mit den Angaben von Nitsche kann ich meinen Befund leider nicht vergleichen, da derselbe von T. solium nur die Anordnung der Muskeln des Kopfes beschreibt, und die einzelnen Arten der Taenien ziemlich bedeutende Abweichungen darzubieten scheinen. Da die An-

selbe überging. Entweder musste es ein kleinwenig abstehen, oder noch theilweise auf der Faser darauf liegen, jedenfalls musste aber eine Grenze zu sehen sein und das war, wie ich mich mehrfach überzeugt habe, nicht der Fall. Ferner sprach auch die körnige Beschaffenheit und der nicht ganz glatte Rand dagegen. Die Fasern des Intercellularnetzes, deren sich sehr viele auf dem Präparat fanden, welche sehr häufig auch die Muskelfasern umspannen, waren stets homogen und glattrandig und liessen stets deutlich eine Grenze zwischen sich und der Muskelfaser erkennen. Viertens endlich konnte es noch eine Nervenendigung sein. Für diese sprach der unmittelbare Uebergang in die Muskelfaser, die körnige nicht ganz glattrandige Beschaffenheit der feinen Fäserchen, endlich die gabelige Theilung des einen. Für diese letztere Annahme möchte ich mich entscheiden. In welcher Beziehung diese Nervenfaser nun aber zu dem Inhalt der Muskelfaser steht, dieses zu ergründen überlasse ich glücklicheren Forschern.

Die Ernährung der Taenien.

Die Taenien gehören zu den Thieren, welche keinen Darmkanal besitzen, deren Ernährung also durch die Haut vor sich gehen muss und die man daher mit einem umgekehrten Darmkanal vergleichen könnte. Die Ernährungswege bei einem solchen Wesen nachzuweisen, war ja nun einmal an sich interessant, dann konnte man aber auch hoffen, aus der Art und Weise, wie die Nahrungsaufnahme bei dem Bandwurm erfolgte, einen Schluss auf die Ernährungswege in dem Darm des von ihm bewohnten Säugethieres machen zu können, um so mehr, als die Cuticularbildungen eine gewisse Aehnlichkeit mit der Basalschicht der Darmepithelien besassen. Diese Frage wurde um so interessanter als gerade in dem letzten Hefte des Pflüger'schen Archivs (Pflüger's Archiv Bd. VIII S. 391 „Beiträge zur Fettresorption und histologischen Struktur der Dünndarmzotten" von Dr. Ludwig v. Thanhoffer) sich eine Arbeit von v. Thanhoffer über diesen Gegenstand findet, die ganz neue Thatsachen enthält. Waren auch schon früher mehrere Forscher zu der Einsicht gekommen, dass die mechanischen Beförderungsmittel, wie Capillarität, Wirkung der Galle u. s. w. nicht ausreichend seien, um die Nahrungsaufnahme zu erklären, so dass sie eine besondere Thätigkeit des Protoplasmas der Darmepithelien anzunehmen geneigt waren, sei es nun, dass diese in einer besondern Anziehungskraft des Protoplasmas liegen sollte oder, dass die Zellen direkt Ausläufer aussenden und die Nahrungstheilchen


Taf XIII
5.
6.
10.
S
Z
D
e
d
Mb

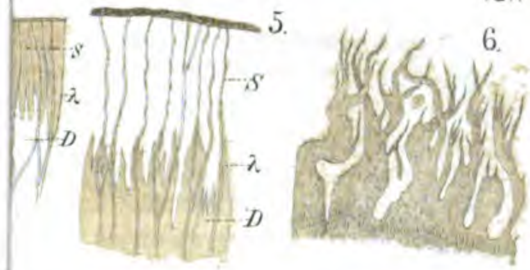

11.
12.
13.
α
β
γ
δ
ε
ζ

selbe überging. Entweder musste es ein kleinwenig abstehen, oder noch theilweise auf der Faser darauf liegen, jedenfalls musste aber eine Grenze zu sehen sein und das war, wie ich mich mehrfach überzeugt habe, nicht der Fall. Ferner sprach auch die körnige Beschaffenheit und der nicht ganz glatte Rand dagegen. Die Fasern des Intercellularnetzes, deren sich sehr viele auf dem Präparat fanden, welche sehr häufig auch die Muskelfasern umspannen, waren stets homogen und glattrandig und liessen stets deutlich eine Grenze zwischen sich und der Muskelfaser erkennen. Viertens endlich konnte es noch eine Nervenendigung sein. Für diese sprach der unmittelbare Uebergang in die Muskelfaser, die körnige nicht ganz glattrandige Beschaffenheit der feinen Fäserchen, endlich die gabelige Theilung des einen. Für diese letztere Annahme möchte ich mich entscheiden. In welcher Beziehung diese Nervenfaser nun aber zu dem Inhalt der Muskelfaser steht, dieses zu ergründen überlasse ich glücklicheren Forschern.

Die Ernährung der Taenien.

Die Taenien gehören zu den Thieren, welche keinen Darmkanal besitzen, deren Ernährung also durch die Haut vor sich gehen muss und die man daher mit einem umgekehrten Darmkanal vergleichen könnte. Die Ernährungswege bei einem solchen Wesen nachzuweisen, war ja nun einmal an sich interessant, dann konnte man aber auch hoffen, aus der Art und Weise, wie die Nahrungsaufnahme bei dem Bandwurm erfolgte, einen Schluss auf die Ernährungswege in dem Darm des von ihm bewohnten Säugethieres machen zu können, um so mehr, als die Cuticularbildungen eine gewisse Aehnlichkeit mit der Basalschicht der Darmepithelien besassen. Diese Frage wurde um so interessanter als gerade in dem letzten Hefte des Pflüger'schen Archivs (Pflüger's Archiv Bd. VIII S. 391 „Beiträge zur Fettresorption und histologischen Struktur der Dünndarmzotten" von Dr. Ludwig v. Thanhoffer) sich eine Arbeit von v. Thanhoffer über diesen Gegenstand findet, die ganz neue Thatsachen enthält. Waren auch schon früher mehrere Forscher zu der Einsicht gekommen, dass die mechanischen Beförderungsmittel, wie Capillarität, Wirkung der Galle u. s. w. nicht ausreichend seien, um die Nahrungsaufnahme zu erklären, so dass sie eine besondere Thätigkeit des Protoplasmas der Darmepithelien anzunehmen geneigt waren, sei es nun, dass diese in einer besondern Anziehungskraft des Protoplasmas liegen sollte oder, dass die Zellen direkt Ausläufer aussenden und die Nahrungstheilchen

Taf. XIII.





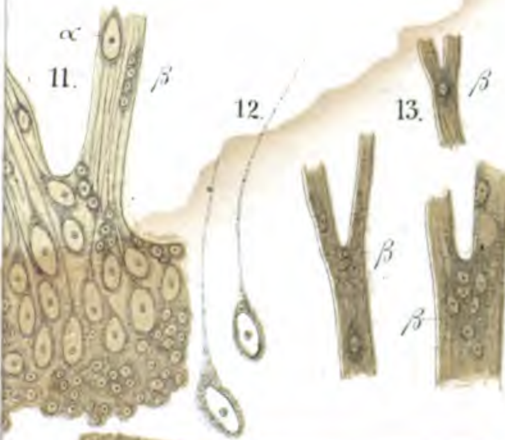




Fig. 2.

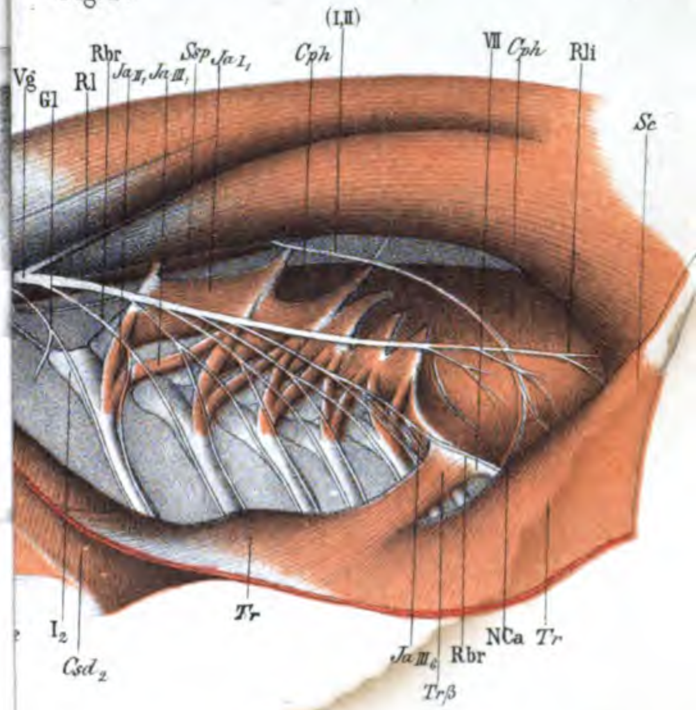
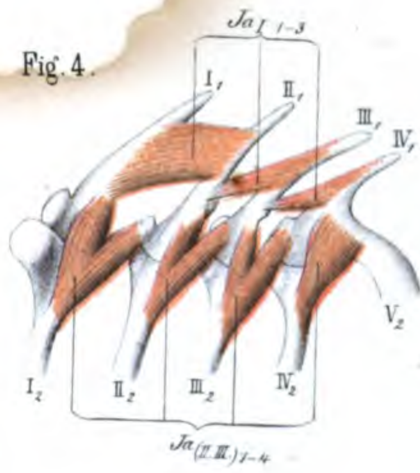


Fig. 4.



Vett

Lith. Anst. v. E. Giltsch, Jena.

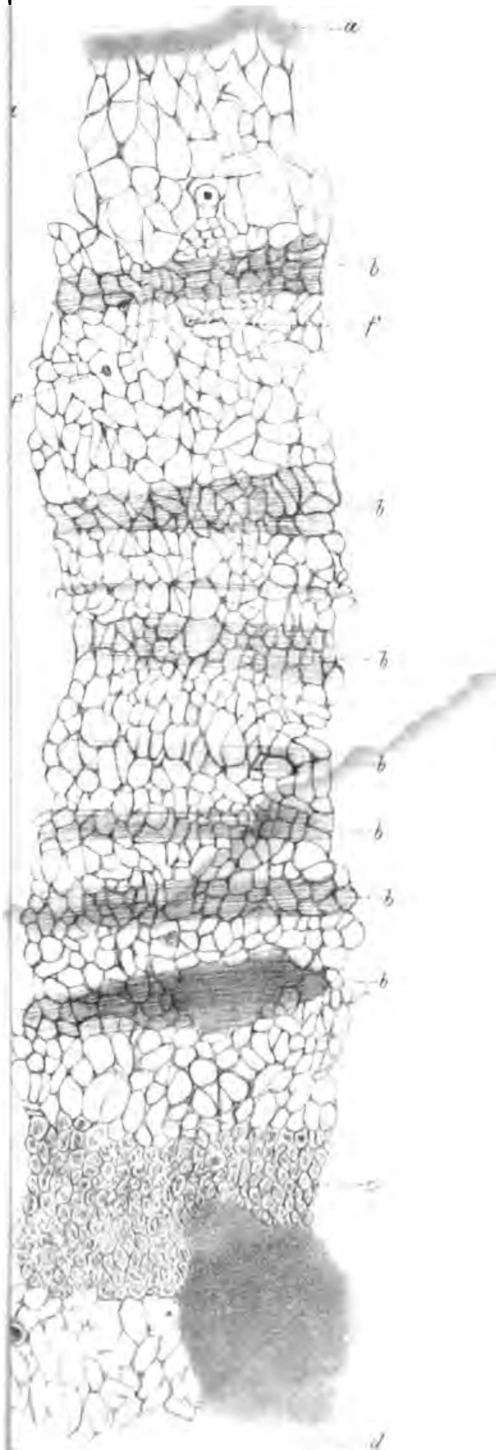
selben bei T. solium genauer studirt habe, so bezieht sich die folgende Beschreibung zunächst auf diese. Man findet hier nämlich durch das ganze Körperparenchym zerstreut, mit Ausnahme der Cuticula, der Matrixzellenschicht und der spongiösen Substanz, eine sehr bedeutende Menge von kleinen, ovalen Körperchen 0,0132—0,0176 Mm. lang und 0,0044—0,0066 Mm. breit, die aus einer durchsichtigen Umhüllungsmembran, einem flüssigen völlig wasserhellen Inhalt und einem eigenthümlichen dunklen stäbchenförmigen Gebilde bestehen, welches in der Mitte der Körperchen liegend von einem Ende zum andern läuft und spitz beginnend, sich nach dem äusseren Ende zu allmählig zu einem kleinen Knöpfchen verdickt, aus dem sich wiederum eine ganz kleine abgestumpfte Spitze erhebt. Die glashelle Umhüllungsmembran beginnt von diesem Knöpfchen und geht zu dem untern spitzen Ende des Stäbchens, das Knöpfchen scheint an seinem äussersten Theile also nicht von dieser Membran überzogen zu sein, wenigstens lässt sich hier nichts von ihr erkennen. Diese helle Membran besitzt indess noch eine besondere Eigenthümlichkeit, sie ist nämlich gerade um die Mitte des Körperchens ringförmig verdickt, so dass man je nach der Einstellung des Mikroskops und je nach der Lage des Körperchens bald einfach zwei einander gegenüberliegende deutlich verdickte Stellen der Membran gleich zwei kleinen Knötchen wahrnimmt (Fig. V f_1; Fig. X e_1; Fig. XI c), bald dagegen das Stäbchen wie aus einen Kelche, dessen Rand eben durch den verdickten Ring gebildet wird, hervorragen sieht (Fig. V f_2; Fig. X e_2). Von dem untern Ende dieser Körperchen nun, in unmittelbarem Zusammenhange mit dem spitzen Ende des Stäbchens, geht stets eine sehr feine und daher ihrem Durchmesser nach nicht genau bestimmbare, etwa 0,0005 Mm. messende, Faser ab, die man mehr oder weniger weit durch das Körpergewebe hin verfolgen kann. Die Körperchen liegen meist zu zweien oder dreien zusammen und oft scheinen dann die feinen Fasern, eine kleine Strecke von ihrer Endigung entfernt, sich zu einer andern Faser zu vereinigen, ohne dass diese deshalb dicker erschiene (Fig. V, Fig. X, Fig. XI). Diese eigenthümlichen Körperchen liegen, wie schon erwähnt, durch das ganze Körperparenchym von T. solium zerstreut, sie finden sich nicht in der Cuticula, der Matrixzellenschicht und der spongiösen Substanz. Das letztere erscheint als selbstverständlich, wenn man diese Substanz als centrales Nervensystem auffasst. Indessen sind sie keineswegs überall gleich häufig. Am dichtesten schienen sie mir in den dicken Faserbündeln

der mm. transversi zu liegen, ich fand hier im Durchschnitt von mehreren Zählungen auf 0,03 □Mm. 6,5 der Körperchen, dann folgt der Theil der Rindenschicht, welcher unmittelbar an die mm. transversi angrenzt, hier kamen auf 0,05 □Mm. im Durchschnitt 6 Körperchen, am wenigsten enthielten die äussern Theile der Rindenschicht und die Mittelschicht. Berechnet man diese Zahlen auf eine gemeinsame Fläche, also z. B. auf 1 □Mm., so erhält man für die mm. transversi 202 Körperchen, für die anstossende Partie der Rindenschicht 120. Man sieht aus diesen Zahlen zugleich, dass diese Körperchen keineswegs selten sind. Trotzdem aber sind sie nicht leicht zu finden, so dass auch mir bei diesen Zählungen, namentlich, wenn die Körperchen zwischen dichten Muskelbündeln lagen, noch manche entgangen sein mögen. Ausser bei T. solium fand ich diese Nervenendigungen noch bei T. cucumerina vom Hunde (der einzigen Taenie, die ich ausser T. solium untersuchte), und zwar hatten dieselben hier einmal genau denselben Bau und zweitens auch, trotz des grossen Unterschiedes in der Grösse der Thiere, dieselbe Grösse, nur die Form war etwas schlanker, etwas mehr gestreckt (Fig. XII). Während nämlich die Körperchen bei T. solium, wie erwähnt, 0,0132—0,0176 Mm. lang und 0,0044—0,0066 Mm. breit waren, waren die von T. cucumerina 0,0117—0,0176 Mm. lang und 0,0044—0,0052 Mm. breit.

Zum ersten Aufsuchen dieser Körperchen kann ich am meisten die Haematoxylinfärbung und Hartnack IX oder X à Immers. empfehlen. Bei Anwendung dieses Farbestoffs nämlich färbt sich das Stäbchen sehr intensiv und auch die Umhüllungsmembran sowie die feine Nervenfaser werden recht deutlich. Hat man sie erst einmal gefunden, dann sieht man sie auch mit Hartnack VIII und bei allen möglichen Färbungsmethoden oder auch an ungefärbten Präparaten wieder, dann giebt besonders Osmiumsäure sehr empfehlenswerthe Bilder, auf denen die Körperchen ungefärbt bleiben, nichtsdestoweniger aber deutlich hervortreten.

Welche Bedeutung haben diese Körperchen nun? Das erste, was uns an denselben auffällt, ist, dass sie keine Kerne und keinen Protoplasmatischen Inhalt besitzen, sie können also unmöglich selbständig thätige Zellen sein. Ihr höchst eigenthümlicher Bau, die feine Faser, welche zu einem jeden von ihnen tritt, geben ihnen ein so specifisches Gepräge, dass uns eigentlich nur die Annahme, sie seien Nervenendapparate, und zwar sensibler Nerven, übrig bleibt. Welche Funktion würde man diesen End-

Taf. XVI.



Lith Anst v E Giltsch, Jena

Fig. XI

Fig. XII.

Fig. XV

Fig. XIV

Fig. XIII

Fig. XVII.

Fig. XVI

Fig. XVIII

Fig. XIX

Lith. Anst. v. E. Giltsch, Jena.

gewissermaassen fressen sollten, so war dieses doch immer nur unbegründete Hypothese. THANHOFFER behauptete nun aber diesen Vorgang des Auffressens wirklich am lebenden Thiere gesehen zu haben, er beschrieb die Gestalt dieser Fangarme und gab an, dass die Epithelzellen diese Protoplasmafädchen nur vorschöben, wenn sie hungrig wären, dagegen einzögen, wenn sie sich mit Nahrungstheilchen gefüllt hätten. Wir hatten nun bei Taenia sehr ähnliche anatomische Verhältnisse gefunden. Die Matrixzellen sendeten Protoplasmafäden durch die Porenkanäle der Cuticula hindurch, die aussen hervorragten, dieselben konnten sehr wohl als Fangarme dienen und ihren Raub den Matrixzellen abliefern, die dann den Darmcylinderepithelien entsprechend, denselben durch ihre inneren Fortsätze dem Körper des Thieres hätten zuführen können. Meine Untersuchungen ergaben nun folgendes. Da es anzunehmen war, dass unter den Nahrungsstoffen, welche die Taenia aus dem Vorrath des Mutterthieres aufnahm, sich auch Fetttröpfchen befinden würden, so legte ich frische Glieder von T. cucumerina und T. solium in 0,5% Osmiumsäure bis zur Erhärtung. Von dem ersteren Thiere, das ich zunächst untersuchte, erhielt ich nun auf Querschnitten Bilder, wie Fig. VII eines zeigt. In der Cuticula waren nur hin und wieder sehr kleine Fetttröpfchen bemerkbar; die Matrixzellen waren nur wenig gefärbt und zwischen ihnen sah man, indessen auch nicht häufig Reihen kleiner Fetttröpfchen liegen. Dann aber folgten (bei *e*) eine sehr dichte Anhäufung von solchen, so dass diese Partie fast schwarz erschien. Die Tröpfchen waren hier bereits von sehr verschiedener Grösse, so dass man annehmen musste, dass viele der kleinen zu einem grösseren zusammengeflossen seien. Von dieser mächtigen zusammenhängenden Schicht zogen sich dann einzelne Züge (bei *f*) herab bis zu einem ziemlich hellen Streifen (bei *g*), auf dem nur einzelne Tröpfchen zerstreut lagen. Hierauf folgte dann wieder eine ziemlich dichte Anhäufung (bei *h*), welche bereits der Mittelschicht angehörte, denn der helle Streifen bei *g* bezeichnete die Lage der mm. transversi. Von hier aus zogen dann wie Perlenschnüre die Fetttröpfchen durch die Bindegewebssepta zwischen den mit Eiern gefüllten Uterushöhlen hin nach der andern Seite um dort wieder eine dichtere Anhäufung zu bilden und so dieselbe Schichtenfolge entstehen zu lassen, wie auf der oben beschriebenen Seite. Färbte man einen solchen Schnitt noch mit Haematoxylin, so trat das Intercellularnetz deutlich hervor, und man sah, dass die Fettkügelchen in den Maschen dieses Netzes lagen, wie es ja auch

eigentlich nicht anders möglich war. Es war also kein Zweifel, die von dem Bandwurm aufgenommenen Nahrungsstoffe (denn dass durch Osmiumsäure gefärbte Fett zeigte uns doch sicher nur die Lage der übrigen an) lagen frei in dem Körperparenchym durch das ganze Thier hin zerstreut. Ueberall da, wo andere Gebilde bereits diese Maschen zum grössten Theil ausfüllten, fanden die Fettkügelchen natürlich nur wenig Raum und so blieben dann die Stellen, an denen die dicken Züge der mm. transversi oder die Bündel der mm. longitudianl. lagen, als helle Räume erkennbar, ja selbst die schwachen Bündel der mm. dorso ventral. schienen sich schon in dieser Weise zu dokumentiren. Ueber die wichtigsten Partieen, die zum System der Cuticula gehörigen Schichten, gaben uns diese Präparate indess noch keinen genügenden Aufschluss, diesen lieferten erst solche von T. solium. Die Anordnung der Fetttröpfchen im Körperparenchym fand sich bei diesem Thiere genau so wie bei T. cucumerina, ich kann mir daher die Beschreibung ersparen und mich auf die Cuticula und Subcuticularschicht beschränken. Diese zeigten sich auf einen Querschnitt nun, wie Fig. XVI zeigt. Die Cilien, welche auf der Zeichnung fehlen, waren ganz klar, enthielten keine Fetttröpfchen. Die Schichten der eigentlichen Cuticula (bei *a*) waren von einer Menge sehr kleiner Fetttröpfen erfüllt, die etwa den Durchmesser der Porenkanälchen besassen und jedenfalls auch in diesen lagen. In der Schicht der Matrixzellen wurden die Tröpfchen grösser und lagen dichter. Dicht unter der Cuticula oder vielleicht noch in der Fibrillenschicht sah man oft kleine etwas dunkler erscheinende kegelförmige Spitzchen. Von dieser dichtern Anhäufung zogen sich dann einzelne Säulen herab, die an ihren Fusspunkten wiederum verschmolzen und so länglich ovale hellere Räume einschlossen, welche in ihrer Grösse den Matrixzellen recht gut entsprachen. (Diese selbst, sowie die Bindegewebszellen traten bei diesen Präparaten nicht deutlich hervor.) Jedoch nicht überall waren diese länglich ovalen Räume heller als ihre Umgebung, es fanden sich auch öfter solche, welche ein wenig dunkler waren (bei *e*). Unterhalb dieser Schicht nun fand sich dann wieder jene dichte Anhäufung theilweise ziemlich grosser Fetttröpfchen, wie auf Fig. VII bei *e*. War es nun schon nach diesem Befunde äusserst wahrscheinlich, dass nicht die Matrixzellen selbst von Fett erfüllt seien, sondern, dass sich dieses in ihrer Umgebung lagere (bei den dunkler erscheinenden Räumen sehen wir gerade auf den die Matrixzellen umgebenden Mantel von Fetttröpfchen: Mantelschicht), so wurde diese Annahme

zur Gewissheit durch entsprechende Flächenschnitte. Betrachten wir zuvörderst Fig. XIX (Hartnack Obj. VIII). Wir haben hier ein kleines Stück der Fibrillenschicht vor uns. Zwischen den feinen, hell erscheinenden Fibrillen, zwischen denen sich, wie wir früher schon sahen, der Fläche nach kleine Zwischenräume finden (Fig. XVIII) sehen wir reihenförmig eine Menge von sehr feinen Fetttröpfchen angeordnet, die also höchstwahrscheinlich in den zwischen den Fibrillen hindurchtretenden Anfängen der Porenkanälchen oder auch vielleicht schon frei unterhalb derselben liegen. Auf Fig. XVII, einem Flächen-Schrägschnitt, sehen wir nun bei *a* wieder einen Theil der Fibrillenschicht, der die oben besprochene Anordnung zeigt, weiter unten nach *b* zu dann die schräg getroffene Matrixzellenschicht. Dicht unterhalb der Fibrillen finden wir zunächst eine ziemlich diffuse Anhäufung der feinen Tröpfchen, dann lassen sich hin und wieder schon kleine helle Stellen und Kreise erkennen und diese werden grösser und grösser bis zu dem untern Ende des Präparats, also je tiefere Partieen der Matrixzellenschicht wir treffen. Vergleichen wir dieses Bild mit Fig. XVI, dem Querschnitt, so fällt in die Augen, dass die grössten Kreise etwa denselben Durchmesser besitzen wie die Mitte der länglich ovalen hellen Räume, dass die allmählig kleiner werdenden Kreise ferner sehr wohl den sich nach aussen zuspitzenden hellen Räumen entsprechen, während jene Partie des Flächenschnittes, welche dicht neben den Fibrillen liegt, ihr Analogon ebenfalls auf dem Querschnitte findet. Wir kommen also zu dem interessanten Resultate, dass die aus dem Vorrathe des Mutterthieres in den Bandwurm übergehenden Nahrungsstoffe neben den Protoplasmafortsätzen der Matrixzellen durch die Porenkanälchen hindurchtreten, dass sie sich dann in immer wachsender Grösse (durch Zusammenfliessen mehrerer) an allen freien Plätzen ansammeln und so die Matrixzellen mantelartig umgeben. Dass sie dann weiterhin durch den ganzen Körper des Bandwurms überall, wo Platz ist, sich ausbreiten und so, ebenso wie die Matrixzellen, alle übrigen Gebilde, Bindegewebszellen, Muskelfasern und Nerven direkt umhüllen. Alle diese Gewebselemente werden also ihr Ernährungsmaterial direkt beziehen können, ohne ein Blut- oder Lympfgefässsystem nöthig zu haben. In den Strängen der als Centralnervensystem gedeuteten spongiösen Substanz habe ich, wie ich hier noch einmal anführen will, niemals Fetttröpfchen gefunden, hier sind die Maschen des Intercellularnetzes eben wahrscheinlich sehr vollkommen von den Nervenelementen ausgefüllt.

Den von v. Thanhoffer für die Darmepithelien gemachten Angaben entsprechen meine Beobachtungen bei Taenia also durchaus nicht, dieselben stehen vielmehr in striktem Gegensatze zu jenen; eine Thatsache, die natürlich in keiner Weise die Glaubwürdigkeit der Thanhoffer'schen Angaben zu beeinträchtigen im Stande ist. Es fällt uns jetzt nur um so schwerer, das Eintreten von Nahrungsstoffen in den Körper der Taenien zu erklären, während die Ursache sonst in der Thätigkeit des Zellprotoplasma's so leicht gefunden war.

Bemerken möchte ich hier übrigens noch, dass ich ein plasmatisches Kanalsystem, wie es Sommer und Landois von Bothriocephalus beschreiben, bei Taenia nicht habe nachweisen können.

Die Musculatur wird nun für die Ernährung von bedeutender Wichtigkeit sein. Einmal wird sie gewissermaassen die Funktion des Herzens der höheren Thiere erfüllen, denn durch die fortdauernden Zusammenziehungen des einen oder andern Theils der Muskeln eines Gliedes wird die Masse der Nahrungsmaterialien im Innern des Thieres in ununterbrochener Bewegung erhalten, es treten also stets neue noch brauchbare Nahrungsstoffe an die Zellelemente heran, während die verbrauchten weitergeführt werden. Die Musculatur wird ferner die Bewegung der Exkrete in den dazu bestimmten Kanälen befördern und so Platz schaffen für neue Nahrungsstoffe, die von Aussen her aufgenommen werden sollen. Endlich werden die Muskeln aber auch der Aufnahme dieser neuen Nahrungsmaterialien förderlich sein, denn eine jede auf eine Muskelkontraktion folgende Ausdehnung des Bandwurmkörpers wird eine ansaugende Wirkung auf die umgebenden Stoffe äussern, die bei der Festigkeit und Elasticität, die das Intercellularnetz wahrscheinlich besitzt, nicht gering sein dürfte; die Anordnung der Muskeln aber, welche nach den drei Dimensionen des Raumes verlaufen, sowie die Mächtigkeit derselben, beweisen uns, dass in der That eine nicht unbedeutende Volumsverminderung eines Gliedes die Folge ihrer Thätigkeit sein wird.

Strassburg i. E., 26. Februar 1874.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. XVI.

Fig. I. HARTNACK Obj. II u. Cam. lucid. Theil eines Querschnitts aus einem alten Gliede von T. solium. Haematoxylinpräparat. Bei *A* alles sichtbare gezeichnet, bei *B* die Kalkkörperchen und die feinern Bündel der mm longitud. fortgelassen.

a mm. transversi.
b mm. dorsoventrales.
c mm. longitudinales.
d Uterushöhle.
e Eier.
f Wassergefäss.
g spongiöse Substanz (centrales Nervensystem).
h Kalkkörperchen.
i Aeussere Cuticularschicht.
k Innere Cuticularschicht, Fibrillenschicht.
l Schicht der Matrixzellen.

Fig. II. HARTNACK Obj. IX à Immers. und Cam. lucid. Die drei äusserern Schichten der Cuticula von T. solium. Altes Glied. Nach Behandlung mit Salpetersäure und chlorsaurem Kali. Zerzupfungspräparat.

a Deckschicht.
b Schicht der Porenkanälchen.
c Feinpunktirte Schicht.
d Porenkanälchen.

Fig. III. Flächenansicht der Deckschicht. Sonst wie voriges.

Fig. IV. HARTNACK Obj. IX à Immers. und Cam. lucid. Querschnitt aus einem alten Gliede von T. solium. Haematoxylinpräparat. Ansicht der Schichten des Systems der Cuticula.

A Eigentliche Cuticularschichten.
B Subcuticularschicht.
a Deckschicht.
b Porenkanälchen in derselben.
c Schicht der Porenkanälchen als homogene Schicht.
d Feinpunktirte Schicht.
e Fibrillenschicht.
f Matrixzellen. f_1 solche die ihrer ganzen Länge nach zu sehen sind, f_2 solche, die theilweise verkürzt sind und einander decken.
h Querschnitte der äussersten Bündel der mm. longitudin.

Fig. V. Hartnack Obj. IX à Immers. und Cam. lucid. Theil der Rindenschicht, sonst wie voriges.

a Fibrillenbildende Bindegewebszelle (Sehne der mm. dorsoventral.).
b Leichte Verdickung der Zellenmembran.
c Anfang der feinen Sehne.
d freiliegender Kern.
e Fasern der mm. dorsoventrales.
f_1 Nervenendigung mit zwei knötchenartigen Verdickungen der Umhüllungsmembran.
f_2 ebensolche mit kreisförmiger Verdickung der Membran.
g Nervenfaser.
h Querschnitte der Bündel der mm. longitud.
i Kalkkörperchen von oben.
k Kalkkörperchen von der Seite.

Fig. VI. Gundlach Ocul. II Obj. V. Theil eines Längsschnittes von einem alten Gliede von T. solium. Goldchloridpräparat. Intercellularnetz.

a Schicht der Matrixzellen.
b, *b*, *b* Züge der mm. longitudinal.
c mm. transversi im Querschnitte.
e Kalkkörperchen.
f freie Kerne.

Fig. VII. Hartnack Obj. V u. Cam. lucid. Theil eines Querschnitts von einem alten frisch in Osmiumsäure gelegten Gliedes von T. cucumerina vom Hunde.

a Die äussern drei Schichten der Cuticula.
k Eier.
Die übrigen Bezeichnungen nach Text.

Fig. VIII. Hartnack Obj. IX à Imm. u. Cam. lucid. Entwickelung der Kalkkörperchen von T. solium. Siehe Text.

Fig. IX. Hartnack Obj. IX à Imm. u. Cam. lucid. Querschnitt aus einem alten Gliede von T. solium, Stück aus der Mittelschicht. Palladiumchlorürpräparat.

a mm. dorsoventrales.
b Bindegewebszellen mit Protoplasmaausläufern.

Fig. X. Hartnack Obj. IX à Immers. u. Cam. lucid. Querschnitt aus einem alten Gliede von T. solium. Stück aus der Rindenschicht. Haematoxylinpräparat.

a mm. dorsoventrales.
b mm. longitudinales im Querschnitt.
c freie Kerne.
c_1 nur von wenig Protoplasma gebildete Bindegewebszellen.
d Sehnenzellen.
e_1 und e_2 Nervenendkörperchen in verschiedener Ansicht.
g Nervenfasern.
h Kalkkörperchen.
i freie Bindegewebszellen.

Fig. XI. Wie voriges. Stück aus den mm. transversi.

a Fasern der mm. transversi.
b Fasern der mm. dorso ventrales.

c Nervenendkörperchen.

d Bindegewebszellen.

e Kalkkörperchen.

Fig. XII. HARTNACK IX à Immers. u. Cam. lucid. Aus der Mittelschicht von T. cucumerina vom Hunde. Altes Glied, Querschnitt, Haematoxylinpräparat.

a mm. dorsoventrales.

b freie Kerne.

c Nervenendkörperchen.

Fig. XIII. HARTNACK Obj. X à Immers. u. Cam. lucid. T. solium, altes Glied, Zerzupfungspräparat nach Behandlung mit Salpetersäure u. chlorsaur. Kali. Muskelfasern mit Nervenendigungen.

Fig. XIV. Wie voriges. Muskelfaser mit gabelförmiger Theilung.

Fig. XV. HARTNACK IX à Immers. und Cam. lucid. Bindegewebszellen von einem mit Haematoxylin gefärbten Querschnitte aus einem alten Gliede von T. solium.

a, *a*, *a* normale Zellen.

b von einer Membran umgebene am Anfange der Verkalkung stehende Zelle.

c eine Zelle mit zwei Kernen in der Theilung begriffen.

Fig. XVI. HARTNACK Obj. VIII u. Cam. lucid. Querschnitt von einem alten frisch in Osmiumsäure gelegten Gliede von T. solium.

a Cuticula.

b Subcuticularschicht.

c Körperparenchym.

d helle Räume der Matrixzellen.

e dieselben dunkel: Mantelschicht.

Fig. XVII. HARTNACK Obj. VIII. Halbschematisch. T. solium, altes Glied, Flächenschnitt nach Osmiumsäurebehandlung.

a Cuticula (Fibrillenschicht).

b Schicht der Matrixzellen.

Fig. XVIII. HARTNACK Obj. VIII u. Cam. lucid. Flächenschnitt von einem alten Gliede von T. solium.

a die drei äussern Cuticularschichten.

b die Fibrillenschicht.

c die Querschnitte der Matrixzellen.

d die mm. subcuticulares (äusserste Schicht der mm. longitudinales).

Fig. XIX. HARTNACK Obj. VIII u. Cam. lucid. Flächenschnitt von einem frisch in Osmiumsäure gelegten alten Gliede von T. solium. Fibrillenschicht.

Notiz über Sipunculus und Phascolosoma.

Von

Dr. R. Teuscher.

(Hierzu Taf. XVII.)

Der Sipunculus ist vielfach bearbeitet worden, aber es finden sich so viele Widersprüche in den Angaben der Autoren, dass es wohl angezeigt schien, ihn unter Anwendung möglichst genauer Prüfüngsmethoden aufs neue zu untersuchen. Das Material, welches mir in liberalster Weise von Herrn Prof. Haeckel aus den Schätzen des hiesigen Museums zur Verfügung gestellt wurde, bestand in Weingeistexemplaren, was mir von vorn herein die Möglichkeit abschnitt, manche histologische Verhältnisse, wie Flimmerepithelien, Leibesflüssigkeit und dergl. zu berücksichtigen. Alle ausgesprochenen Meinungen anzuführen, würde viel zu umständlich sein und ich werde mich darauf beschränken, diejenigen Autoren zu nennen, deren Untersuchungen ich bestätigen konnte.

Was zuerst das Tentakelsystem betrifft, so schliesse ich mich ganz der Darstellung von A. Brandt an (Mem. de l' Acad. de S. Pet. XVI, 8). Der Zusammenhang der beiden, auf und unter dem Oesophagus liegenden Schläuche unter einander und mit dem Tentakelhohlraum ist durch Injection sehr leicht nachzuweisen. Die Tentakel selbst sind von innen nach aussen abgeplattet und die beiden Blattflächen durch zahlreiche Trabekel innerlich so mit einander verbunden, dass auch bei der stärksten Ausdehnung durch Injection die Blattform erhalten bleiben muss. Auf der dem Munde zugewendeten Fläche laufen der Länge nach vorspringende Leisten, innerlich aus grossen hyalinen(Knorpel-?)Zellen aufgebaut, welche, wenn der Tentakel durch Muskelwirkung rinnenförmig gebogen wird, das Aufnehmen und zu Munde führen der Nahruug erleichtern müssen.

Hinter dem obern Tentakelschlauch auf dem Oesophagus liegt

ein braungefärbtes Organ in Schlauchform, in der Mitte cylindrisch oder spindelförmig, nach jedem Ende in einen Faden auslaufend. Der obere Faden erstreckt sich noch auf das untere Ende des Tentakelschlauchs; der untere, weniger fein, mündet in eine Hautfalte des Darms da wo die von Keferstein und Ehlers beschriebene Flimmerrinne anfängt. Das Innere dieses Organs ist von parenchymatöser Consistenz, zeigte mir aber auf Querschnitten nur eine braune, körnige Masse.

Das „Mastdarmdivertikel" ist in Consistenz und äusseren Ansehn den Tentakelschläuchen ähnlich, auch wie diese oft ganz oder theilweise contrahirt und dann schwer wahrzunehmen. Durch Injection ist leicht nachzuweisen, dass es in das Rectum mündet, und dass sein hinterer, dünnerer Theil, lose angeheftet, über mehr als zwei Dritttheil der Wurmlänge auf dem Darm hinabläuft.

Die „braunen Schläuche" finde ich bei Spiritusexemplaren immer seitlich abgeplattet; längs jeder der beiden Flächen laufen vier starke Muskelbündel und um diese nach aussen zahlreiche ringförmige Quermuskeln, sich vielfach unter einander verbindend, so dass zwischen beiden Muskelsystemen zahlreiche drei- und viereckige Lücken bleiben. Eine Flächenansicht findet sich bei Brandt a. a. O. Taf. II Fig. 47; einen Querschnitt giebt meine Figur 1. Treibt man eine Flüssigkeit in das Organ, so tritt dessen Parenchym aus obigen Muskellücken hervor, und erscheint dann im Durchschnitt wie bei Fig. 2. Man sieht in der innern zart streifigen Schicht zahlreiche Kanäle, die sich nach aussen verzweigen und zu den kolbig vorgestülpten Hohlräumen verlaufen. Der Bau des Organs ist also wesentlich drüsig und rechtfertigt die Ansicht derer, welche dasselbe als Segmentalorgan betrachten. Die sehr starken muskulösen Elemente jedoch in Verein mit der Angabe mehrerer Beobachter, dass an diesen Schläuchen beim lebenden Thiere lebhafte Ausdehnungs- und Zusammenziehungsbewegungen wahrgenommen werden, könnte die Meinung derer stützen, welche dieselben als Respirationsorgane betrachtet haben, indem auf diesem Wege sicher eine grosse Menge Seewassers nach und nach mit der Leibesflüssigkeit in Wechselwirkung treten kann. Jedenfalls schliessen die beiden Functionen einander nicht aus. Eine Communicationsöffnung der braunen Schläuche mit der Leibeshöhle hat, bei Sipunc. nudus wenigstens, Niemand gesehen. Vielfache Bemühungen, Injectionen, Präparationen, Schnitte u. s. w., haben mich überzeugt, dass eine solche nicht vorhanden ist und zu demselben Resultat ist A. Brandt gekommen.

Bei vier Species von Phascolosoma, welche ich untersuchen konnte, fand ich diese Organe auf ganz ähnliche Weise gebaut, nur sind die Längsmuskeln nicht in acht getrennte Bündel vereinigt, sondern über den ganzen Raum vertheilt. Der drüsige Bau ist einfacher, indem die nach der Peripherie laufenden Kanäle sich nicht verästeln, sondern jeder von ihnen auf eine einzige Höhle zuläuft; das Ganze besteht aus bienwabenartig neben einander liegenden Schläuchen, Fig. 3. Bei einem Phasc. vom Cap der guten Hoffnung, welches ich nirgends beschrieben gefunden und darum unten charakterisire, findet sich ein abweichender Zustand. Dort zerfällt das Segmentalorgan der Länge nach in vier verschiedene Abschnitte, wie die betreffende Charakteristik und Fig. 4 erläutern. — Fig. 5 zeigt den Durchschnitt durch das Centrum der stark musculösen Oeffnung (vorzüglich Ringmuskeln), welche mit der Leibeshöhle communicirt und ohne Zweifel im Leben mit Wimpern ausgestattet sein wird. Sicherlich weist diese Verschiedenheit der Bildung auch auf eine Verschiedenheit der Function der betreffenden Organe hin; vielleicht werden hier wirklich die Geschlechtsproducte auf diesem Wege entleert, was man so vielfach für Sipunc. vermuthet hat, was aber nach meinen Untersuchungen für Sip. nudus wenigstens und meine andern drei Phascolosomen (granulatum, elongatum, und eine nicht bestimmbare Art von Corfu) nicht statt haben kann. Man kann sich auch nicht allzusehr verwundern über solche Unterschiede bei so nahe verwandten Thieren, da ja anderwärts, z. B. bei den Lumbricinen, ganz ähnliche Verhältnisse obwalten.

Der Bauchnervenstrang liegt lose auf der Längsmuskelschicht, nur durch die abgesendeten Seitenzweige befestigt, an der Ein- und Ausstülpungsstelle des Rüssels laufen diese Seitenzweige eine Strecke ohne Anheftung und von Muskelsträngen begleitet, um etwaige Zerrungen bei den Rüsselbewegungen zu verhüten. Krohn hat, gestützt auf das äussere Ansehn im lebenden Thiere, sowie auf das Ausfliessen einer röthlichen Flüssigkeit beim Durchschneiden vermuthet, dass die äussere Hülle des Nervenstrangs, welchem alle Beobachter deren zwei zuerkennen, die Wand eines Blutgefässes sei, in welchem der eigentliche Nerv eingebettet liege. Diese Ansicht, schon von Delle Chiaje ausgesprochen, hat jedoch überall nur Widerspruch erfahren. Keferstein und Ehlers in „Zool. Beitr. 1861" haben besonders an Larven die Ueberzeugung gewonnen, dass der Zwischenraum beider Hüllen „von dicht aneinander liegenden Zellen und Körnchen angefüllt ist".

Bei alledem ist es nicht schwer, an grösseren Spiritusexemplaren zwischen die beiden Hüllen des Bauchstrangs eine farbige Flüssigkeit zu injiciren, welche bei sehr mässigem Druck auf eine Entfernung von mehreren Zollen vordringt und auch die Seitenzweige bis zu ihrem Zusammentreffen am Rücken, sowie viele von diesen abgehende Muskeläste zweiter und dritter Ordnung füllt. Ein wirkliches Gewebe, das den Zwischenraum erfüllte, kann also bei erwachsenen Würmern schwerlich vorhanden sein. Auf feinen Querschnitten aus denen übrigens der Nerv gewöhnlich herausfällt, habe ich nur hie und da einige unmessbar feine Fäden wahrgenommen, welche den Nerven mit der Gefässwand zu verbinden schienen.

Nach hinten erweitert sich das Gefäss, sein Ende zeigt ebenso wie der in ihm liegende Nerv eine kolbige Anschwellung. An seinem Ende gehen zwei Seitenzweige ab, etwas stärker als die übrigen, welche nach hinten auf den beiden begleitenden Längsmuskeln hinlaufen, an dieselben durch eine starke Bindegewebsschicht befestigt und sich in ihnen verästelnd. Durch diese Bindegewebsschicht verschmelzen die Endtheile der beiden Muskeln oberflächlich mit einander und umfassen ein dreieckiges nach vorn offnes Rohr. — Eine eben solche Anschwellung zeigt das Gefäss an seinem vordern Ende, da wo es von unten, an der Stelle des Zusammentreffens der beiden untern Retractoren, an den Oesophagus tritt. Niemals gelang es mir, eine Injection darüber hinaus zu treiben. In der Erweiterung liegt der hier ebenfalls angeschwollene Nerv, welcher von hier aus, sich spaltend, um den Schlund herum zu dem obern Nervenknoten tritt. In keiner dieser Nervenanschwellungen so wenig wie in dem Schlundganglion, ist es mir jemals gelungen, Ganglienzellen deutlich wahrzunehmen.

Die seitlich vom Hauptast abgehenden Zweige, ebenso wie er selbst von einem Nervenfaden und einem diesen umhüllenden Blutgefäss gebildet, laufen, wie sie auch Ehlers und Keferstein schildern, unter der Längsmuskelschicht und auf der innern Fläche jedes Ringmuskels zum Rücken, wo sie zusammentreffen und so einen geschlossenen Ring bilden. Den Durchmesser dieser Ringgefässe finde ich am Bauch wie am Rücken ungefähr gleich dick, nämlich im Durchschnitt 0,067 Mm.

Die bekannten fingerförmigen Fortsätze am Schlundknoten des Sipunculus sehe ich, wie sie auch Grube zeichnet (Müll. A. 1857), nach vorn gerichtet, während sie von Ehlers und Keferstein (Zool.

Beitr. 61) dreimal als nach hinten gerichtet abgebildet und ebenso beschrieben werden.

Im Bauchgefäss der Würmer strömt das Blut von vorn nach hinten und von ihm gehen vorzugsweise diejenigen Gefässe ab, welche sich in der Leibeswand verästeln, während das Rückengefäss den Darm mit Blut versorgt. Man wird also annehmen müssen, dass bei Sipunculus das vordere Ende des Bauchgefässes wohl für austretende, aber nicht für eintretende Flüssigkeit verschlossen ist und dass es das aufgenommene Blut durch die Seitenäste in der Leibeswand vertheilt. Von da muss dasselbe in die Leibeshöhle zurückfliessen; über die bestehenden Verbindungen können nur Injectionen an frischen Thieren Aufschluss geben.

Ich komme jetzt zu den sogenannten Hautkörpern. Die Leibeswandung besteht bekanntlich aus vier Schichten: 1) Die Cuticula mit ihrer Matrix. 2) Eine mehr oder weniger dicke, aber überall beträchtliche Bindegewebsschicht. 3) Die Ring- und 4) die Längsmuskellage.

Ueber die Cuticula habe ich nichts hinzuzufügen. Sie nimmt von hinten nach vorn an Dicke ab (hinteres Leibesende 0,05 Leibesmitte 0,014, Rüsselgegend 0,0045 Mm.). In der Bindegewebsschicht liegen die bekannten Hautkörper, durch die Cuticula nach aussen mündend. Dieselben sind von dreierlei Art. Erstlich die zahlreichste Bildung Fig. 6, ovale Schläuche bis zu 0,09 Längendurchmesser bei 0,06 Breite, welche im Innern eine Anzahl (6—12) langgezogener, etwas keulenförmiger Zellen enthalten, welche sich nach dem Ausführungsgang zu verengern und zusammendrängen und den sie enthaltenden Schlauch nicht ganz ausfüllen. Dieselben erscheinen in drei Modificationen, die man wohl als Bildungsstufen betrachten muss. Die jüngste zeigt den ganzen Schlauch mit groben, wenig durchsichtigen Körnern erfüllt und verstattet durchaus keine Einsicht in den innern Bau. Bei der zweiten Form sieht man schon die innern Schläuche durchschimmern und den Zwischenraum zwischen ihnen und dem äussern Hüllschlauch sich aufhellen. Bei der dritten endlich ist dieser Zwischenraum durchaus hyalin und die etwas feinern Körner erfüllen nur noch die innern Räume. Eine Betrachtung von innen nach aussen an Tangentialschnitten erläutert diese Veränderung. Der Zwischenraum zwischen den innern Schläuchen und dem äussern, gemeinschaftlichen erscheint dann als Ring und dieser Ring findet sich in verschiedenem Grade mit Körnern erfüllt, von vollkommner Opacität bis zu vollkommner Durchsichtigkeit. Die hier beschriebenen Kör-

per finden sich über die ganze Oberfläche des Wurms in grosser Menge, nur in den Rüsselpapillen sind sie selten und werden von der folgenden Form verdrängt. Die relative Menge der einzelnen Drüsenarten wechselt übrigens nicht wenig, je nach den Individuen. 2) In den Rüsselpapillen dicht gedrängt, nur vereinzelt über den cylindrischen Theil des Wurms zerstreut, finden sich die Fig. 7 abgebildeten Schläuche, während der zwischen den Papillen liegende Theil des Rüssels, sowie dessen vorderster, schmaler, an die Tentakeln stossender Saum der Hautkörper ganz entbehrt. Ein ovaler, nach dem Ausführungsgange zu etwas verschmälerter Schlauch enthält eine durch einen schmalen Zwischenraum von ihr getrennte Zelle mit Kern und Kernkörperchen und in dieser wieder eine andere, viel kleinere, ohne Kern. Alle drei scheinen nur in der Nähe des gemeinschaftlichen Ausführungsgangs mit einander zusammenzuhängen. Die beiden äusseren Höhlungen sind meist stark granulirt, die innerste dagegen ganz wasserhell, oder doch nur leicht körnig. Häufig sieht man durch die Mitte der drei Schläuche eine Scheidewand verlaufen, welche die Höhlungen in zwei symmetrische Hälften theilt (s. Fig. 7). Dann finden sich in der mittleren Zelle zwei Kerne und die innerste wird symmetrisch herzförmig gestaltet. Länge im Mittel 0,08, Breite 0,054 Mm. Die Ausführungsgänge sind nicht überall leicht sichtbar. Endlich drittens findet man Drüsen von traubenähnlicher Gestalt von obigen ganz verschieden, viel seltener und nur am hintern, konischen Leibesende des Wurms reichlicher auftretend, selten einzelne in den zunächst angrenzenden Theilen. Sie bestehen in einer ungefähr keulenförmigen Anhäufung rundlicher, kleiner (0,006) gleich grosser Zellen, deren vorderer kegelförmiger Theil in der Cuticula liegt, von einer äusseren Membran eng umschlossen. Der Ausführungsgang ist eng und kurz und mündet in einem in einer flachen Vertiefung gelegenen Wärzchen. Länge 0,081, Breite 0,03 Mm. (Fig. 8). Ich bin überzeugt, dass auch hier die im Innern liegenden Zellen sich schlauchartig verlängernd auf den gemeinschaftlichen Ausführungsgang zulaufen; sie sind zu undurchsichtig, um deutliches Sehen zu erlauben. Ausser zahlreichen Bindegewebsfasern und -körpern enthält die hier besprochene Schicht noch reichliche, überall in ihr zerstreute Pigmentzellen von sehr verschiedener Grösse und Menge (0,009—0,07 Durchm.) von rundlicher oder ovaler Gestalt, bei alten Würmern dicht mit gelbbraunen Pigmentkörnchen besetzt und meist einen dunkleren Kern zeigend (Fig. 6, *a*).

Die von Keferstein und Ehlers gegebenen Abbildungen der

Hautkörper von Sipunculus in den Zool. Beitr. entsprechen keiner von diesen drei Formen, was wohl darin seine Erklärung findet, dass genannte Beobachter nur ganz junge, noch durchsichtige Exemplare und abgezogene Hautstücke von der Fläche untersucht haben, wobei den ihrigen ähnliche Bilder zur Ansicht kommen. Ich komme nun zu den Nervenfäden, welche Keferstein und Ehlers „vorzüglich bei sehr jungen Thieren" in Verbindung mit den Hautkörpern beobachtet haben. Bei den jüngsten, mir zu Gebote stehenden Sipunkeln (40 Mm.) und zwar in dem hintersten konisch zulaufenden Körperabschnitt sehe ich häufig bei den unter 1 und 3 beschriebenen Körpern einen 0,005—0,006 Mm. breiten leicht körnigen Faden von dem innern Ende des Schlauches abgehen, mehr oder weniger geschlängelt durch die Bindegewebsschicht verlaufen, sich dem Rand des Ringmuskels, parallel mit dessen Fasern, anlegen und da verschwinden (s. Fig. 6). Das Aussehen ist das einer Nervenfaser. Bei ältern Exemplaren sehe ich keine Spur mehr davon und auch bei jüngern Nichts mehr über die angegebene Grenze hinaus in der Gegend der unten zu beschreibenden Genitalröhren. Das betreffende Sinnesorgan würde also nur dem frühern Lebensalter zukommen; es würde am Hinterende des Körpers, welches tief im Schlamme steckt, von sehr zweifelhaftem Nutzen sein; ausserdem hat keine der beiden Schlaucharten, an welche sich der Faden ansetzt, den gewöhnlichen Bau und das Ansehn eines Sinnesorgans.

Die mächtige Bindegewebsschicht, in welcher bei Sipunculus die besprochenen Gebilde eingebettet liegen, fehlt bei Phascolosoma fast ganz, nur ein ganz schmaler Saum derselben ist zwischen der Ringmuskellage und der matrix cuticulae wahrnehmbar und die hier vorkommenden Hautkörper liegen ganz von der dicken Cuticula umschlossen; die matrix aber wird durch die Drüse nach aussen gestülpt, hüllt dieselbe dicht ein bis zum Ausführungsgang und bildet ihr häufig einen mehr oder weniger langen Stiel, welcher dann von dem hyalinen Bindegewebe erfüllt wird.

Die Form der Hautkörper bei den verschiedenen Phascolosomen ist sehr mannigfaltig, doch lassen sich sämmtliche mir bekannt gewordene Formen auf zwei Typen zurückführen, von denen der eine auch die erste Form (Fig. 6) der bei Sipunculus beschriebenen Körper umfasst. Diese Bildung besteht immer aus einem umhüllenden Schlauch — länglich oval und dann gestielt oder quer oval und dann meist auf der unterliegenden Schicht unmittelbar aufsitzend, je nach der Dicke der Cuticularschicht. In

ihm befinden sich andere kolbige Schläuche in grösserer oder geringerer Zahl, aber immer mit dem sich verengernden Ende nach dem gemeinschaftlichen Ausführungsgang zusammenlaufend und mit Körnern erfüllt. In manchen Fällen sieht man sehr deutlich ein bindegewebiges Gerüst, welches diese Zellen stützt; bei Phasc. granulatum (Fig. 9) münden dieselben in einen gemeinschaftlichen Hohlraum, der dann zum Ausführungsgange führt. Hierher gehören die Figuren 9, 10ᵇ, 11, 12, 13. Obgleich auch bei diesen Gebilden überall, wo die Umstände günstig sind, mit Leichtigkeit Nervenfäden (1—3) von ihrer Basis nach der Ringmuskelschicht verlaufend wahrgenommen werden, so ist doch der Bau entschieden drüsenähnlich, während der Anblick des zweiten Typus sogleich an Sinnesorgane erinnert. Ein ovaler Schlauch, mit gewöhnlich zwei, bisweilen drei Nervenfäden in Verbindung, deren Wurzeln sich immer in entgegengesetzter Richtung den Ringmuskelfasern anlegen und meist in eine hervorragende Hautpapille mündend, enthält in einer fein granulösen Masse eine Anzahl grösserer Körner (0,0045 bis 0,006 Mm. im Durchmesser), deren Hauptmasse in der Nähe des Ausführungsgangs gruppirt und zum Theil an von da hereinhängende Fäden befestigt erscheint. Der Nerv tritt entschieden durch die hintere Zellenwand hindurch und verbreitet sich zwischen den Körnern; ich glaube ihn deutlich bis an die vordersten Körner herantreten gesehen zu haben. Ausserdem sieht man häufig einen der Nervenfäden, ehe er sich an den Ringmuskel anlegt, ganglienartig anschwellen (Fig. 14). So wenig man erwarten kann, ein so zartes Object nach längerer Aufbewahrung in Alcohol alle Einzelheiten seiner Structur bewahren zu sehen, so ist doch wohl das, was man noch wahrnimmt, hinreichend, um den in Rede stehenden Hautkörpern den Charakter von Sinnesorganen zuzusprechen; ob auch die unter 1) erwähnten in dieselbe Kategorie gehören, ob sie einen, vielleicht verschiedenen und welchen Sinn sie repräsentiren, bleibt unentschieden. Dass solche Organe bei Sipunculus und nur in der Jugend deutlich sind, erklärt sich vielleicht durch Nichtgebrauch im spätern Lebensalter da das Hintertheil des Thieres im Schlamm verborgen ist. Bei Phasc. canariense und granulatum finde ich nur die erste Art der Hautkörper, wenn auch je nach der Körperregion etwas modifizirt; bei Ph. elongatum finden sich die Sinnesorgane dicht gedrängt auf die hinterste Leibesspitze beschränkt. Etwas weiter nach vorn treten sie sehr vereinzelt zwischen den andern (Fig. 10ᵇ) auf; mehrere Reihen enggestellter Wärzchen dicht unter dem Tentakel-

kranze schliessen eine ganz ähnliche Bildung ein. Bei Ph. capense stehen sie ebenfalls am häufigsten am Leibesende, finden sich aber auch in Menge ganz in derselben Gestalt über den ganzen Körper vertheilt, nur selten von einem Körper wie Fig. 12 unterbrochen.

Bei diesem Thiere sind diese Organe besonders zahlreich, ja es findet eine fortwährende Neubildung derselben Statt, so dass es leicht ist, verschiedene Entwickelungszustände aufzufinden. Im frühesten Zustand sieht man eine kleine durchsichtige Zelle, schon sehr zeitig mehrere rundliche Körperchen enthaltend, zwischen Matrix und hyaliner Schicht erscheinen, welche durch allmähliges Wachsthum und nach aussen Rücken die Matrix vor sich hertreibt, wie sie sich von der hyalinen Schicht entfernt, füllt sich der entstehende Raum mit letzterer. Die beiden Nervenfäden, welche vorher dem Ringmuskel parallel lagen, folgen der Zelle nach und bilden mit einander einen allmählig immer spitzer werdenden Winkel. Zu gleicher Zeit fangen die über der Zelle liegenden Cuticularschichten an, sich zu kräuseln und deuten den künftigen Ausführungsgang an, die Bildung der Papille konnte ich nicht beobachten.

Am hintern Leibesende, von der dicksten Stelle rückwärts, sowie nach vorn vom Anfang des Rüssels an vorwärts liegt bei Sipunculus die Bindegewebsschicht den Ringmuskeln überall fest auf. In dem ganzen dazwischen liegenden Raume ist dies nicht der Fall, sondern die beiden Schichten sind nur an den Stellen verwachsen, wo unter den Ringmuskeln die Längsmuskeln laufen; nicht in deren Zwischenräumen: also in Längsstreifen, und es entstehen so Längskanäle von querovalem, nach innen etwas abgeplatteten Durchschnitt. Da nun die nach der Peripherie gewendete Fläche jedes Ringmuskels nicht eben, sondern fassreifenartig gewölbt ist, so entstehen auf diese Weise Querverbindungen zwischen diesen Längskanälen. Durch Injection eines einzigen Längskanals füllt sich das Röhrensystem um den ganzen Wurm herum mit Farbstoff und man überzeugt sich, dass in diesen Anheftungen der Grund zu der Längs- und Querstreifung der äusseren Bedeckungen des Wurms liegt. Die am hinteren Ende vorkommende blosse Längsstreifung beruht nur auf abwechselnder Dicke und Dünne der Bindegewebsschicht. Nach unten und oben laufen die Längskanäle spitz aus, wie spitzwinkelige durch die Axe halbirte Kegel. In diesen Längskanälen nun, die ich nirgends beschrieben finde, ist die Bildungsstelle der Geschlechtsproducte, Eier sowohl wie Samenzellen.

Keferstein und Ehlers hatten in ihren zool. Beitr. 1861 unter der abgezogenen Haut Eier gefunden und abgebildet und verlegten deren Bildungsstätte „in etwa 0,25 grosse an ihrer Aussenfläche stark wimpernde Schläuche, in denen man meistens eine Menge zelliger Abtheilungen und ein oder zwei schon ziemlich reife Eier von 0,1 Grösse beobachtet“. In einer spätern Beschreibung des Sipunculus durch Keferstein (Z. f. wiss. Zool. 1867) wird dieser Beobachtung nicht wieder gedacht. Die Längskanäle sind auf jedem erträglichen Querschnitt sehr leicht, bei grössern Exemplaren selbst makroskopisch wahrzunehmen. Bei allen (10—12) von mir untersuchten weiblichen Individuen fand ich sie mit Eiern aller Entwickelungsstufen angefüllt, mochte die Leibeshöhle deren enthalten, oder nicht. Ringsum ist die Wand dieser Kanäle mit einem, wenn auch stellenweise zerstörten, doch sowohl von der Seite, als von der Fläche aus deutlich wahrnehmbaren Plattenepithelium ausgekleidet. Seine Zellen, deren Kerne ich nur selten sah, haben 0,0045—0,009 Mm. Querdurchmesser, bei 0,002 Mm. Dicke. Die Zellen erscheinen abgerundet polygonal und einzelne, besonders grössere, stärker umrissen und etwas mehr gekörnt, als die andern, so dass ich überzeugt bin, in diesem Epithel die Bildungsstätte der Geschlechtsproducte vor mir zu haben.

Die Röhren sind in der Leibesmitte am weitesten, bis 0,9 Mm. breit und 0,49 hoch, wobei sich ihre äussere Decke, welche dann nur einzelne isolirt vorragende Drüsen enthält (ohne die Cuticula) bis auf 0,009 verdünnt (Fig. 15). Nach beiden Enden zu nehmen die Dimensionen allmählig etwa um die Hälfte ab, ehe sie sich zuspitzen. Diese Maasse beziehen sich auf ein ausgewachsenes Weibchen; die beiden Männchen, welche ich fand und welche die charakteristischen maulbeerförmigen Zellen (von 0,054 Mm. mittlerer Grösse) in schönster Ausbildung und ganz unter denselben Verhältnissen zeigen, wie die Weibchen ihre Eier tragen, waren klein; ihre Röhren zeigen nur 0,35 Breite auf 0,22 Höhe.

Dass diese Geschlechtsproducte zwischen den Ringmuskeln hindurch in die Leibeshöhle entleert werden, leidet wohl keinen Zweifel; die Verbindung dieser unter einander ist sehr lax und oft findet man sie auseinderklaffend. Welchen Ausweg dieselben aber von da aus einschlagen, weiss ich nicht. Die braunen Schläuche sind, bei Sipunc. nudus wenigstens, nach innen ohne Oeffnung und der allgemein angenommene, aber schon von Krohn geläugnete Endporus existirt nach meinen Erfahrungen nicht. Wenn man das hintere Dritttheil des Wurms abtrennt und, von dem Darm vor-

sichtig befreit, mit farbiger Flüssigkeit füllt, so dringt weder freiwillig, noch bei mässigem Druck das Geringste nach aussen, ebensowenig wenn man den Schlauch handschuhfingerartig umstülpt und das Experiment von aussen nach innen wiederholt. Macerirt man das Leibesende in Wasser, so lässt sich nach wenigen Tagen die Cuticula als Ganzes leicht abziehen und man sieht direct, dass sie nicht durchlöchert ist. Gute Querschnitte zeigen, dass an der Stelle des Porus ein äusseres und ein inneres Grübchen einander entgegenlaufen und nur durch eine ziemlich dünne Platte geschieden sind, aus Cuticula und Bindegewebsschicht bestehend. Es wird erlaubt sein zu vermuthen, dass an dieser Stelle sich eine temporäre Oeffnung zur Entlassung der in Rede stehenden Producte bilden wird.

Eine sehr dünne Schicht hyalinen Bindegewebes überzieht auch die Muskelschicht nach der Bauchhöhle zu und steht mit der äusseren Schicht zwischen den Muskeln hindurch in Verbindung. Am stärksten ist sie am äussersten Leibesende entwickelt, vorzüglich um die beiden Endäste des Nervenstrangs, von denen ich oben gesprochen; sie ist ebenfalls von einem Epithelium überzogen, das auch an letzterer Stelle am deutlichsten ist.

Bei den Phascolosomen ist die äussere Bindegewebsschicht äusserst dünn und keine Spur der bei Sipunculus in ihr vorhandenen Röhren wahrzunehmen, dagegen ist bei ihnen die innere Schicht viel besser entwickelt, ebenfalls im hintersten Leibesende am dicksten und mit einem sehr deutlichen Epithelium ausgekleidet. Bei Phascolosoma finde ich in der Leibeshöhle Eier aller Entwickelungsstufen, während die beiden Male, wo ich deren bei Sipunculus daselbst antraf, diese alle nahezu gleich entwickelt und nach meiner Ansicht reif waren; es liegt also die Vermuthung sehr nahe, dass die Geschlechtsproducte bei Phascolosoma ihren Ursprung aus dem die Leibeshöhle auskleidenden Epithelium nehmen.

Phascolosoma capense.

Sechs bis achtmal so lang, als breit, Rüssel kurz, keine Haken; Tentakel zahlreich, fadenförmig, dreikantig. Viele flache Papillen. Längsmuskeln nicht gesondert. Vier Retractoren; die ventralen in der Mitte des Körpers, die dorsalen am Ende des vordern Dritttheils entspringend, sich dicht über dem Schlundganglion vereinigend. Spindelmuskel kräftig, nur vorn am After befestigt. Oesophagus mit einer Schicht weisslichen Drüsengewebes besetzt, durch mehrere starke Muskeln seitlich befestigt. Darmwindungen zahl-

reich (42). Segmentalorgan 2—3 Mm. über dem After angeheftet. Die Basis besteht aus einem stark musculösen Rohr von 3 Mm. Länge, dann folgt eine dünnwandige blasige Erweiterung von 4 Mm. Durchmesser, darauf wieder ein cylindrisches, musculöses Stück wie das erste und das Ende bildet wieder eine blasige Höhlung von derselben Grösse, wie die erste, welche am Ende einen Ausführungsgang in die Bauchhöhle hat. S. Fig. 4 u. 5.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. XVII.

Fig. 1. Sipunculus nudus Segmentalorgan. Querschnitt.
a Ringmuskel. *b* Längsmuskel.
Fig. 2. Ein Stück desselben, stärker vergrössert.
a Ringmuskel. *b* Längsmuskel.
Fig. 3. Derselbe Gegenstand von Phascolosoma granulatum.
Fig. 4. Segmentalorgan von Phascolos. capense. Nat. Gr.
Fig. 5. Innere Oeffnung desselben, vergrössert.
Fig. 6. Hautkörper von Sip. n., erste Form in den drei Abstufungen.
a Pigmentzelle.
Fig. 7. Dieselben, zweite Form.
Fig. 8. Dieselben, dritte Form.
Fig. 9. Dieselben von Phascolos. granulatum.
Fig. 10. Dieselben von Phasc. elongatum.
Fig. 11 und 13. Dieselben von Phasc. canariense.
Fig. 12 und 14. Dieselben von Phasc. capense.
Fig. 15. Querschnitt durch die Leibeswand von Sip. nudus mit den Eierröhren.

Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Nemertinen.

Von

Dr. Georg Dieck.

(Hierzu Tafel XVIII und XIX.)

Als ich im vergangenen Winter, während eines mehrmonatlichen Aufenthalts in Messina, behufs näheren Studiums der Entwickelungsverhältnisse höherer Krebse, zumal der Decapoden, eiertragende Individuen dieser Gruppe in grossen Mengen einer näheren Besichtigung unterwarf, fand ich zufällig im Eierbeutel einer Galathea strigosa ein Thier oder vielmehr eine Gesellschaft von Thieren, die meine Aufmerksamkeit in hohem Grade fesselte. Die nähere Untersuchung ergab, dass ich Nemertinen vor mir hatte, die in den Eierbeutel des Krebses eingebohrt, die daselbst in grosser Anzahl vorhandenen Eier verzehrten. Ich vermuthete begreiflicher Weise in dem Schmarotzer zuerst nichts weniger als eine Nemertine, welche Thierordnung bisher fast nur unter Steinen im Meeresschlamm oder freischwimmend, seltener auch in Röhren lebend angetroffen worden war. Nur ein einziger Fall von Parasitismus war bekannt geworden, nämlich das Vorkommen einer Tetrastemma in Phallusia mamillaris, welche Leuckart bei Nizza aufgefunden hatte[1]).

Der von mir beobachtete Wurm gehört aller Wahrscheinlichkeit nach der Gattung Cephalothrix an[2]), welche, in vieler Beziehung ganz isolirt stehend, bei speciellerer Untersuchung ungewöhnlich viel Interessantes und Bemerkenswerthes darbietet. Ich

---

1) Leuckart u. Pagenst., Untersuchungen über niedere Seethiere. Müller's Archiv 1858.

2) oder doch in die nächste Nähe. Da ich keinerlei Vergleichsmaterial in den Händen habe, so halte ich es vorläufig für zu gewagt, die vielleicht wohlberechtigte Abtrennung als eigene Gattung vorzunehmen.

will meine Art Cephalothrix Galatheae nennen, in der Voraussetzung, dass diese Bezeichnung an und für sich schon hinreichen wird nachfolgende Reisende und Sammler auf die Galatheae als eventuellen Fundort hinzuweisen.

Die Grösse des Thieres ist, Dank der unaufhörlichen Contraction, sehr schwer zu normiren. Die längste beobachtete Form erreichte etwa 7 Centimeter, während anderseits das einzige männliche Individuum, welches überhaupt gefunden wurde, nicht viel mehr als 2 Centimeter maass. Im ganzen ist die Körperform drehrund, nur an der Unterseite mit einer schwach kantenartigen Zuschärfung; die Farbe ist ein lebhaftes Ziegelroth, so lange nicht prall gefüllte Ovarien das Thier weisslich gefleckt erscheinen lassen. Kopf und Schwanzende sind etwas verjüngt, der Kopf ist nicht abgesetzt. Die Augen sind durch zwei kommaförmige Pigmentflecke repräsentirt uud liegen weit vorn, kurz vor dem Ganglion. Dieses anfänglich paarig entwickelte Ganglion ist durch zwei breite Commissuren, zwischen welchen der Rüssel durchtritt, zu einer Art Nervenring entwickelt und da es am unteren Theile eine auffallende Verbreiterung zeigt, auch von den Enden derselben die seitlichen Nervenstämme entsendet, so erscheint es als ein Gebilde, welches leicht mit einem Schlundring verwechselt werden kann [1]), wie denn auch z. B. Keferstein und Claus von einem obern und untern Ganglion sprechen. Kopfspalten und Seitenorgane fehlen. Der Mund liegt eine Strecke hinter dem Ganglion und scheint gewulstete Ränder zu haben. Der Rüssel ist nicht bewaffnet, dagegen an seinem Spitzentheile mit Papillen besetzt; er mündet am Vorderrande des Kopfes innerhalb eines flachen, queren Einschnitts, dessen Ränder als Querlappen bezeichnet werden können. Die Ursprungsstelle desselben befindet sich nicht weit hinter dem Munde, oberhalb des Nahrungscanals.

Die Geschlechtsorgane zeigen, zumal beim weiblichen Geschlechte, eine ausserordentliche räumliche Entwickelung und erfüllen demgemäss fast den ganzen Körper, dem Nahrungscanale, der sich in zahlreichen Aussackungen und Faltungen durchdrängen muss, kaum den unumgänglich nöthigen Platz übrig lassend. Die Ovarien, deren Stellung und Entwickelungsrichtung eine äusserst unregelmässige ist [2]), münden sämmtlich an der Unterseite des Körpers, wo sich ganz regelrechte Ausführungsgänge, mit einem

1) Siehe Tafel XIX, 16.

2) Mitunter werden sie durch Anpassungen an die Form benachbarter Gewebstheile sogar zweilappig.

besonderen Klappenverschlusse vorfinden (s. Tafel XIX, 14 *o*, *op*). Dieselben finden sich indessen erst kurz vor Eintritt der Eireife in völlig entwickeltem Zustande vor und sind auch nur beim Austritt der Eier in allen ihren Details leicht zu erkennen. Die Oeffnung scheint gewulstet; die Klappe befindet sich an der dem Seitenrande des Wurmkörpers zugewandten Seite derselben. Diese Klappen bestehen aus contractilen Fingerlappen, die im Ruhezustande der Oeffnung aufliegen und dadurch das Auffinden derselben sehr erschweren. Die Ausführungsgänge selbst liegen mehr oder weniger regelmässig reihenweise angeordnet. Auf Querschnitten sind sie nur äusserst schwer zu sehen, da sie durch starke Schrumpfung durch die Einwirkung des absoluten Alcohol ihr Lumen sehr verengen.

Was den durch ein deutliches Wimperepithel auf der Innenseite ausgekleideten Nahrungscanal betrifft, so konnte ich ein durch eine besondere Leibeshöhle vom Körperparenchym getrenntes Organ, weder am lebenden Thier, noch an Querschnitten nachweisen, muss also einstweilen annehmen, dass eine in die Augen fallende Lostrennung seiner Wandung vom Körperparenchym bei meiner Cephalothrix nicht eingetreten und somit auch das Vorhandensein einer besonderen Leibeshöhle in Frage gestellt ist. Denkbar wäre es allerdings, dass die Abtrennung nur erst auf kurzen unbedeutenden Strecken eingetreten sei und somit leicht der Beobachtung sich entzogen haben könnte. Die Afteröffnung befindet sich ein wenig vor dem Körperende. Blutgefässe vermochte ich gleichfalls nicht nachzuweisen.

Auch äussere Anhänge finden sich vor, nämlich fingerförmige Greif- oder Haftorgane, von denen, wenigstens bei Weibchen, die grössten nahe dem Kopfe liegen; auch diese sind so contractil, dass sie nur bei starker Ausdehnung deutlich ins Auge fallen. Bei dem einzigen, sehr kleinen, männlichen Exemplare, welches mir in die Hände fiel, glaube ich auch am Hinterende einen grösseren Greiffinger bemerkt zu heben, doch kann ich, da das Stück mir bald verloren ging, dies nicht mit Gewissheit behaupten. Die Entwickelung dieser Organe steht jedenfalls in Causalität mit der parasitischen Lebensweise und tritt auch ontogenetisch schon sehr früh auf, kurz nach Anlage von Mund und Rüssel, wie weiter unten näher beschrieben werden wird.

Die Muskulatur[1]) besteht wie bei andern Nemertinen, aus

1) Siehe Tafel XIX, 13.

mit einander abwechselnden Schichten von Ring- und Längsfasern, jedoch sind hier nur die äusseren Schichten deutlich differenzirt, während die innere Ringfaserschicht, die auf dem Querschnitt obendrein mehr als sagittal gelagerte Faserschichte erscheint, sehr schwach entwickelt ist und die innere Längsfaserschicht durch allmähliges Uebergehen in Bindegewebe gleichfalls viel an scharfer Abgrenzung einbüsst. Im Kopf ist die Muskulatur ganz besonders kräftig entwickelt, so dass Rüssel und Nervensystem in einer dichten, zusammenhängenden Muskelmasse eingeschlossen erscheinen.

Das Integument schliesslich ist zusammengesetzt aus einer die Cilien tragenden Epidermis [1]) mit darunter liegender, als Basalmembran am ehesten zu bezeichnenden Pigment- und Drüsenführenden Schichte. Die Drüsen sind Schleimdrüsen, wenigstens sondert das Thier, wie die von Keferstein beschriebene Cephalothrix longissima [2]), viel kleberigen Schleim ab, welchen sie neben den Greiforganen zum Anhaften auf ihrem Wohnthiere und hier speciell auf den die Eier tragenden Aesten der Abdominalfüsse von Galathea, benutzt. In dieser Schichte und nach aussen aus ihr hervorragend, finden sich stellenweise auch die bekannten stäbchenförmigen Organe, die hier Nadelform besitzen, während Keferstein bei Cephalothrix ocellata sie in mehr breiter, tafelförmiger Gestalt beschreibt und als „Arragonit“ ähnliche Krystalle bezeichnet [3]).

Das Vorkommen dieses Wurmes beschränkt sich nach meinen Erfahrungen auf Galathea strigosa; meist finden sich 2—3, öfters aber auch bis 6 Würmer auf demselben Thiere, auf welchem auch allen Anscheine nach die Entwickelungsstadien verbleiben. Ist der Eiervorrath verzehrt, so ziehen sich die Thiere in die Kiemenhöhle des Krebses zurück, um da wahrscheinlich ihren Ectoparasitismus in veränderter Art fortzusetzen, indem sie die zarte Membran der Kiemen anbohren und so zum Blute des Thieres gelangen. Wenigstens fand ich nicht nur häufig die Kiemenhöhlen von Würmern bewohnt, sondern sah auch beim Zerzupfen derselben aus dem Innern Blutzellen ausströmen, welche sich in nichts von denen der Galathea unterschieden und wahrscheinlich, weil kurz vorher verschluckt, noch unverdaut geblieben waren.

1) Keferstein in den Untersuchungen über niedere Seethiere S. 66 schreibt den Nemertinen eine Cilien tragende „Cuticula“ zu, eine Ansicht, der ich mich nicht anschliessen kann, da meiner Meinung nach bewegliche Cilien, wie die der Nemertinen, nicht Cuticular-, sondern stets nur Epidermoidalgebilde sein können.

2) Keferstein a. a. O. S. 65.

3) Ebenda S. 64.

Mein Material erhielt ich nicht von Messina selbst, sondern durch Fischer aus dem Dorfe Faro [1]), welche weniger in der Meerenge, als an der Nordküste des pelorischen Vorgebirges, also im tyrrhenischen Meere, zu fischen pflegen. Ich erhielt sämmtliche mir bekannt gewordenen Entwickelungsstufen, die ich im Verlaufe meiner Arbeit besprechen will, fast gleichzeitig, was mir die Beobachtung und Deutung natürlich sehr erleichterte, dagegen mir unmöglich machte die Zeiträume, die zur Ausbildung der einzelnen Stadien nöthig sind, kennen zu lernen.

Es war mir lange Zeit unmöglich gewesen, mir über die Geschlechtsverhältnisse, sowie über die der Eiablage voraufgehenden Vorgänge bei meinen Thieren genügende Aufklärung zu verschaffen. Alle Individuen, welche ich unter das Mikroskop bekam, zeigten dieselbe durchaus ungleichartige Bildung und unregelmässige Vertheilung der Ovarien, dagegen von Hoden keine Spur. Eine Täuschung konnte kaum vorliegen, denn einerseits waren die Eier in den Ovarien, zumal unter Anwendung einer gelinden Pression, sehr leicht zu erkennen, anderseits fand sich fast allenthalben, wenn auch mehr oder minder ausgesprochen und entwickelt, die oben bereits erwähnte Bildung der Ovarialausführungsgänge mit den charakteristischen Klappenverschlusse vor. Da kam mir endlich ein Individuum unter die Hände, welches, durch bedeutend geringere Grösse auffallend, von mir anfänglich für ein junges, noch unreifes Thier gehalten und in der Hoffnung an demselben manche Organisationsverhältnisse in deutlicherer und übersichtlicherer Weise erkennen zu können, einer näheren Untersuchung unterzogen wurde. In letzterer Beziehung entsprach das Resultat der Untersuchung meinen Erwartungen nicht, denn das Thier gab seinen grösseren Genossen weder an Undurchsichtigkeit etwas nach, noch war es etwa minder unruhig, als jene, welche durch ihre steten Contractionen und womöglich auch Rotationen um die Queraxe mir die Betrachtung sehr zu erschweren pflegten. Indessen ich fand in ihm etwas Anderes, was mich weit mehr interessirte, nämlich ein Männchen, dessen reife Spermatozoen aus mehreren, der Lage nach den Ovarialausführungsöffnungen entsprechenden Oeffnungen, in grossen Massen ausströmten. Zuerst kamen dichte, ineinander gewirrte Ballen reifer Spermamassen, alsdann kleinere Klümpchen und vereinzelte Spermazellen hervor, denen schliesslich

1) In den bei Faro gelegenen Lagunen kann man auch den interessanten Amphioxys lanceolatus zu Tausenden aus dem Sande scharren.

bei erhöhtem Druck des Deckglases eine Unzahl kleinerer und grösserer Zellen nachfolgten, welche ich zum Theil später als Entwickelungsstadien der Spermatozoen zu erkennen vermochte. Es ist keineswegs unbedenklich, von einzelligen Formindividuen, auch wenn man ihrer Lage und Anordnung nach, nicht zweifeln zu können glaubt, zu behaupten, dass sie einer bestimmten Formenreihe oder gar Formenentwickelungsreihe angehören. Ganz abgesehen von der geringen Verschiedenheit isolirter Gewebselemente, muss man beim Zerzupfen von Organismen darauf gefasst sein einer Menge von freien Zellformen zu begegnen, welche meist die Nachforschungen nach bestimmten Formen unmöglich oder doch äusserst schwierig machen. Blutzellen, abgelöste Gewebszellen, der Darminhalt mit einer Menge verschluckter, noch unverdauter, einzelliger Organismen, Geschlechtsproducte und vor Allem das Heer der Parasiten vereinen sich ein Chaos zu Stande zu Stande zu bringen, vor welchem zuweilen auch der geübteste Beobachter macht- und rathlos dasteht ohne im Stande zu sein, es zu entwirren.

Trotz alledem glaube ich mit relativer Gewissheit eine Anzahl von Zellindividuen als Entwickelungsstadien der Spermatozoen dieses Wurmes bezeichnen zu können (s. Tafel XIX, 15). Die kleinste, vermuthlich der Spermamutterzelle kaum entschlüpfte Zelle hatte die Grösse von 0,0028 Mm., das völlig entwickelte Spermatozoid die Länge von 0,0196 Mm.; davon kommen auf die untere (vordere) Geissel mit inbegriffenem zweiten Knöpfchen 0,0168 Mm., auf den Hauptknopf 0,0028 Mm. und schliesslich auf die diesem nachfolgende kurze Geissel 0,0056 Mm. Die jüngeren Stadien enthalten einen Inhalt von Körnchen verschiedener Grösse, während weiter entwickelte Stadien bei denen der Zellknopf durch stetes Wachsen der Schwanzcilie bedeutend an Durchmesser verliert, nur noch einen gleichmässig feinkörnigen Inhalt zeigen.

Durch eine glückliche Combination gelang es mir auch die Befruchtungsvorgänge, wenigstens was das Eindringen der Spermatozoen in die Vulva betrifft, näher zu beobachten.

Ich brachte nämlich in das von Spermatozoen wimmelnde Wasser auf dem Objectträger ein weibliches Exemplar, bei dem ich mich vorher vom Vorhandensein reifer, aber noch ungefurchter Eier überzeugt hatte. Nach kurzer Zeit traf ein, was ich gewollt hatte. Die in Klumpen geballten Spermamassen gingen auseinander und strömten im Verein mit den bereits vorher isolirten Spermatozoen massenweise nach den Ausführungsgängen der Ova-

rien, sichtlich bestrebt, das Kopfende nach hinten, sich unter dem Klappenverschlusse durch, unter fortwährend bohrender und schwänzelnder Bewegung in das Innere einzudrängen (s. Taf. XIX, 14). Nach einer Viertelstunde bereits strotzten die Ovarialschläuche von eingewanderten Spermatozoen, während von aussen noch immer neue Schaaren den Vorausgegangenen nachzufolgen sich bemühten. Das Eindringen in das Ei, also die eigentliche directe Fecundation vermochte ich leider nicht weiter zu beobachten; das Thier ging mit seinen Eiern über Nacht zu Grunde. Jedenfalls geht aus dieser Beobachtung klar hervor, dass diese Thiere zu ihrer Begattung einer Annäherung der beiderseitigen Geschlechtsöffnungen nicht bedürfen, da augenscheinlich das Eindringen der Spermatozoen ein durchaus spontanes, unvermitteltes ist. Ich möchte daher, in Betracht der relativ grossen Seltenheit der männlichen Individuen, annehmen, dass dieselben ihr Sperma gleichzeitig über die oft zu 5—6 um einander verschlungenen, den Eierbeutel der Galathea bewohnenden, weiblichen Individuen ausgiessen, das Weitere der eigenen Initiative der Spermatozoen überlassend.

Die Ovarien nehmen, wie schon bemerkt, den grössten Theil des Körperraumes ein und entwickeln demgemäss eine ausserordentlich grosse Zahl von Eiern. Wie bei allen Nemertinen, so bestehen auch hier die Ovarien aus einem einfachen Sacke, in welchem gleichzeitig, sowohl die Eikeime, als auch die Dotterzellen erzeugt werden, nur bilden sich die ersteren mehr am Spitzenende und der nach aussen gerichteten Wand des Follikels, während die Dottermassenbildung mehr an der dem Körpercentrum anliegenden Seite vor sich geht. So kommt es denn, dass in den meisten Ovarien sowohl Eibildungszellen und Dotterzellen, als auch fertige und mitunter sogar schon gefurchte Eier zu gleicher Zeit angetroffen werden können.

Die Ablage der Eier geht ziemlich langsam vor sich und zwar unter gleichzeitiger Aussonderung eines dünnflüssigen Schleims, welcher bestimmt zu sein scheint, die Eier auf ihrem Substrate festzukleben. Man sieht bei der Ablage sehr hübsch wie die oben beschriebene, der Ausführungsöffnung aufliegende Klappe functionirt, indem sie durch jedes austretende Ei gehoben, sofort wieder zurücksinkt, um die Oeffnung aufs Neue zu schliessen und somit das ganze ganze Legegeschäft zu reguliren[1]) (s. Taf. XIX, 14).

---

1) Diese regelmässige Bewegung erinnert sehr an die Schluckbewegungen

Wenn wir nun die Vorgänge der Eierablage sowohl als auch die weiteren Form- und Entwickelungsverhältnisse der weiblichen Geschlechtsproducte bei der von mir beobachteten Nemertine mit den entsprechenden Beobachtungen und Angaben, welche uns DESOR [1]), MAX SCHULTZE [2]) und METSCHNIKOW [3]) von anderen Formen berichten, vergleichen, so finden wir eine überraschende Menge von Abweichungen, welche wir im Nachfolgenden näher ins Auge fassen wollen.

Was zuerst die Ablage der Eier angeht, so berichten DESOR und SCHULTZE, dass dieselbe durch gleichzeitige Entleerung sämmtlicher Ovarialschläuche erfolge, indem die Eier eines jeden in einem abgesonderten gelatinösen Säckchen enthalten seien, welche Säckchen ihrerseits sich zu einem zusammenhängenden, in eine Schleimmasse eingebetteten Strange anordnen. DESOR bezeichnet sein Untersuchungsthier als Nemertes obscura, SCHULTZE das seinige als Nemertes olivacea, aber fügt hinzu, dass die Identität seiner Art mit der DESOR'schen wahrscheinlich sei. Beide behaupten, dass die in diesen birn- oder flaschenförmigen Säckchen enthaltenen Eier völlig jeder besonderen Hülle entbehren, während über die morphologische wie physiologische Bedeutung der äusseren Hülle und über die Natur der in derselben enthaltenen, die Eier direct umgebenden Flüssigkeit, die Ansichten beider Forscher auseinandergehen. DESOR sieht nämlich in den Eisäckchen nichts als eine gemeinsame Dotterhaut der 3—11 in ihm enthaltenen Dotter resp. Eikugeln und bezeichnet dem entsprechend die Flüssigkeit, in welcher diese Eikugeln direct suspendirt sind, als eine zur Dottersubstanz gehörige „Biogenflüssigkeit".

Dem entgegen tritt MAX SCHULTZE mit der Ansicht auf, dass das Eiersäckchen vielmehr als gemeinsame Eischalenhaut aufzufassen sei und bezeichnet den flüssigen Inhalt derselben dem entsprechend als Eiweiss. Von beiden Ansichten ist natürlich die SCHUTZE'sche am einleuchtendsten, doch werde ich noch auf diesen Punkt zurückkommen um zu versuchen beiden Deutungen eine

der Herzostien bei Arthropoden, zumal bei Embryonalstadien von Decapoden, wo eine gewulstete Lippe in derselben Weise functionirt wie hier der Klappenverschluss.

1) DESOR, Embryologie von Nemertes, MÜLLER's Archiv 1848.

2) MAX SCHULTZE, Zoologische Skizzen, Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie 1853.

3) METSCHNIKOW, Entwickelung der Echinodermen und Nemertinen. Memoires de la soc. imp. de Petersbourg 1870.

dritte, vielleicht noch plausibelere, anzureihen. Die von mir beobachteten Vorgänge bei der Eiablage stimmen am Ersten mit den von Metschnikow resp. Kowalewski bei den rochmocephalen Nemertinen gemachten überein. Metschnikow berichtet nämlich von der Einzelablage der Eier, welche in Form kleiner runder Körper erschienen, in denen man eine feine Dotterhaut und ein grosses aber unregelmässiges und, dem Bilde nach, auch ungekerntes Keimbläschen erkennen könne. Obwohl nun Metschnikow nur das eben citirte über diese Eier sagt und auch die Abbildungen durchaus im Stiche lassen, so glaube ich doch, dass er eine doppelte Contourirung, also das Vorhandensein einer doppelten Eiumhüllung anerkennt, sonst würde er die von ihm gesehene Dotterhaut nicht ausdrücklich „in“ die kleinen runden Eikörper verlegt haben, sondern hätte von einem Umhülltsein derselben durch diese Haut sprechen müssen. Auch berichtet er ein Zerreissen der Dotterhaut vor Auftreten der Cilienbekleidung des Embryo, ohne dieser Notiz auch auf den Abbildungen Rechnung zu tragen.

Doch dem sei wie da wolle, jedenfalls vermag ich bei den Eiern der von mir beobachteten Cephalothrix das Vorhandensein einer doppelten Dotterumhüllung mit vollkommener Sicherheit nachzuweisen und zwar ist die innere, im Uebrigen äusserst zarte Membran vom ersten bis zum vollendeten Maulbeerstadium deutlich — etwas schwerer sogar noch weiter hinaus — zu verfolgen, wonach sie allmählig verschwindet um der Cilienbildung und den darauf folgenden Rotationsbewegungen des alsdann zum selbstständigen Leben fähigen Embryo Platz zu machen. Ob die von Metschnikow resp. Kowalewski beobachteten Eier in einer Schleimhülle abgelegt wurden, erhellt gleichfalls nicht aus dem nur allzu kurzen Texte seines Berichtes. Ich beobachtete, wie gesagt, das Austreten der befruchteten Eier inmitten einer fast contour- und structurlosen und daher leicht übersehbaren Schleimmasse, dagegen habe ich die Bildung eines besonderen, zur Eiaufnahme bestimmten gelatinösen Stranges nie bemerken können, obschon ich Würmer in hochreifem Zustande isolirte und ihnen so Gelegenheit gab sich unbehindert von äusseren Einflüssen ihrem Legegeschäft hingeben zu können. Auch fand ich nie die sämmtlichen Ovarialfollikel mit Eiern derselben Entwickelungshöhe angefüllt, sondern meist waren nur die mittleren mit befruchteten und bereits zum Theil gefurchten Eiern gefüllt, während die an den Enden gelegenen noch ungefurchte, ja oft nur halb entwickelte Eier bargen. An eine gleichzeitige Ablegung war also bei meinen Thieren

nicht zu denken. Wie sind nun diese Beobachtungen mit denen Desor's und M. Schultze's in Einklang zu bringen. Beide unterscheiden als Umhüllungsmedien der Eikugel zuerst zwischen einer gelatinösen, äusseren Masse[1]), einer durchscheinend gelatinösen, resp. chitinösen (Max Schultze) Eierflasche, welcher ersterer als Dotterhaut, letzterer als Eischaalenhaut und zugleich als Abdruck des ganzen Ovarialfollikels bezeichnet und drittens zwischen einer inneren als Dotter resp. Eiweiss gedeuteten, dünnflüssigen Masse, in welcher schliesslich die eigentlichen Eikugeln suspendirt seien. Ich meinestheils möchte nun die flaschenförmigen Kapseln als eine und dieselbe, nur stärker verdichtete Bildungsmasse mit der von mir beim Austreten der Eier bemerkten Schleimwolke homologisiren. Es ist dieser Schleim nach meiner Ansicht, die bei niederen Thieren so allgemein verbreitete Eikittsubstanz, welche, sei es in besonderen Drüsenausstülpungen der Genitalorgane oder in einzelnen Drüsenzellen der inneren Epithelialauskleidung, mit unter auch in ausserhalb, aber doch in nächster Nähe der Genitalöffnung gelegenen Drüsen[2]) oft in ganz erstaunlichen Massen erzeugt wird und je nach den Dichtigkeitsverhältnissen mehr oder weniger leicht und schnell zu consistenten Massen, sowie zum membranartigen Hüllen erhärten kann. Ich vermag nun nicht leicht mir vorzustellen, wie diese flaschenförmige, chitinöse Kapsel, die wie Schultze sagt, einen Abdruck des Ovarialfollikels darstellt, die Stelle der Eischaalenhaut für 3—11 Eier übernehmen soll, sondern möchte vielmehr annehmen, dass diese Flasche den Eierbeuteln, in welchen z. B. die Eier der Crustaceen, bündel- oder gruppenweise eingelagert sind, zu vergleichen sind. Die Flüssigkeit, in welcher die Dotter resp. Eikugeln im Eisack suspendirt sind, würde dann ganz einfach dieselbe wässerige[3]) Flüssigkeit sein, von welcher die Eier auch vorher, als sie noch im Ovarium lagen, um-

1) Diese äussere Masse steht wohl sicher mit den Geschlechtsdrüsen in keinerlei directer Beziehung, da dieselbe nachweislich ein Secret zahlreicher in der Haut der Thiere eingebetteter Schleimdrüsen ist, die ihrerseits morphologisch wohl den „Spinndrüsen“ mancher niederer Turbellarien entsprechen. Eine gleiche oder doch sehr ähnliche Verwendung des Secretes von Hautdrüsen finden wir auch in der „Eicoconbildung“ der Hirudineen u. s. w.

2) Ich erinnere an die Drüsen des Clitelliums der Regenwürmer, welches die Eier aus ihrem Secrete mit einer Kapsel versehen, die nur den physiologischen nicht aber den morphologischen Werth einer Eischaalenmembran beanspruchen kann. Auch die Nidamentaldrüsen von Loligo gehören wohl hierher.

3) Ein gewisser Gemengtheil von Eiweiss wird ihr allerdings nicht abzustreiten sein. —

geben waren. Meiner abweichenden Deutung der Flaschenmembran bei Nemertes kommt auch eine Auslassung van Beneden's, des ausgezeichneten Kenners der Eibildung zu Gute. Derselbe bespricht in seinen Recherches sur la composition et la signification de l'oeuf pag. 68 die Verhältnisse, unter denen die Bildung und Ablage der Eier von Dinophilus, eines von Oscar Schmidt entdeckten und beobachteten, den Nemertinen nahestehenden, rhabdocoelen Turbellars vor sich gehen. Die gleichfalls wandungslosen Eier werden dort, wie bei Nemertes, in grösserer Anzahl zusammen, in grossen Kapseln, welche die Form der „Eibildungsdrüse" wiedergeben, abgelagert und in diesen wieder an Meerespflanzen angeheftet um dort ihrer weiteren Entwickelung entgegen zu gehen. Van Beneden ist nun scheinbar weit entfernt, diese Kapseln als gemeinsame Eikapseln anzuerkennen; er nennt sie nicht, wie sonst sein Ausdruck für Eischaalenhäute ist, „coque d'oeuf" oder „enveloppe chitineuse", sondern spricht nur „d'un certain nombre d'oeufs entourés par une ‚membrane commune', qui présente la forme de la capsule, où ils ont pris naissance". Es ist also hier, wie bei Nemertes, eine eigentliche Eischaalenbildung gar nicht eingetreten, sondern der Organismus hat an Stelle derselben den nackten Eiern in Gestalt einer gemeinsamen Schutzmembran ein Aequivalent entwickeln müssen, welches wohl physiologisch, nicht aber morphologisch der Eischaale entsprechen dürfte. Die Hüllenlosigkeit der Eikugeln darf nicht weiter auffallen, denn sie findet sich sowohl bei andern Turbellarien wie Macrostomum, Planaria, als auch bei andern niederen Thieren, z. B. bei Hydra, Calcispongien u. s. w. häufig genug wiederholt. Die Eier meiner Cephalothrix besassen, wie gesagt, Schaalenhaut wie Dotterhaut, entbehrten aber der weiteren Umhüllung durch eine consistente Schleimmasse oder durch ein zum Eiersäckchen erstarrtes Secret [1]). Sie bedurften eben, durch ihre Membran genügend geschützt, einer besonderen weitern

1) Man könnte einwerfen, warum dann bei so vielen, dickschaaligen Crustaceeneiern die Einbettung in eine consistente Eikitthülle noch immer zu finden sei. Es wirkt aber in diesem Falle für die Erhaltung derselben der Umstand, dass diese Crustaceen ihre Eier bis zum Ausschlüpfen an ihren Körper umhertragen müssen, dem Verluste dieser Bildung entgegen. Der durch die gemeinsame Kitthülle bewirkte enge Zusammenhang der gesammten Eimassen erleichtert jedenfalls die Befestigung und Aufbewahrung derselben ganz ungemein und so ist aus Zweckmässigkeitsgründen ein Gebilde erhalten geblieben, trotzdem es seinen eigentlichen, ursprünglichen Existenzgrund im Laufe der Zeit eingebüsst hatte.

Umhüllung nicht, während die wandungslosen[1]) Nemerteseier eine Schutzvorrichtung dringend nöthig hatten.

Demnächst wären die Furchungsverhältnisse der Eier ins Auge zu fassen. Die von mir beobachteten entsprechen bis zur Erreichung der Maulbeerform im Ganzen und Grossen den als „totale Furchung bezeichneten Theilungen in 2 4 8 16 u. s. w. Furchungskugeln. Von der ersten Theilung an wurde die Dotterhaut sehr deutlich sichtbar und blieb so lange bemerkbar, als überhaupt die Zelltheilung verfolgt werden konnte, also nahe bis zur Entwickelung der Cilienbekleidung des Embryo.

Das Verhalten das deutlich sichtbaren Keimbläschens konnte bei der ersten Theilung nur unvollkommen beobachtet werden, weil die der Theilung voraufgehenden, moleculären Umwälzungen im Dotter das Ei vorübergehend undurchsichtig machten.

Ich glaube indessen annehmen zu können, dass, wie jetzt bei so vielen andern Thiergruppen festgestellt ist, auch hier das Keimbläschen nicht ganz verschwindet um einer entogenen Neubildung zweier Zellkerne Platz zu machen, — denn dazu geht der ganze Process schon viel zu rasch vor sich —, sondern ich glaube, dass das Keimbläschen unter der bergenden Hülle des Dotters sich theilt und direct die Kerne der ersten beiden Segmente bildet[2]). Das Keimbläschen liegt, wie später auch die Kerne der Segmente, in einer helleren Zone und zwar ziemlich peripherisch. Seine Grösse beträgt 0,0112 Mm. auf 0,0784 Mm. des Eidurchmessers, also etwa den 7. Theil. Es enthält einen nucleolus von 0,0056 Mm. von dunklerer Färbung, in welchem ein helleres Bläschen als nucleoli-

1) Es ist neuerdings von den Eiern der Nematoden (Schneider) und sogar von Wirbelthiereiern (Nathusius) behauptet worden, dass dieselben ihre Eischaalen aus sich selbst heraus durch Absonderung aus ihrer oberflächlichen Schichte bildeten und nicht, wie bisher allgemein angenommen wurde, durch Vermittlung der Epithelialauskleidungen der Oviducte oder durch Ausscheidungen besonderer Drüsenausstülpungen von aussen her erhielten. Wäre diese Ansicht die richtige, so würde die Desor-Schultze'sche Auffassung der Flaschenmembranen nur noch undenkbarer erscheinen. Ich mag indessen dieses Argument hier nur beiläufig anziehen, da ich selbst noch grosse Zweifel hege, ob die neue Schalenbildungstheorie so ohne Weiteres allgemein anerkannt werden wird.

2) Dagegen spricht scheinbar van Beneden's Angabe, dass gerade bei Nemertinen in den Eibildungszellen nie Kerntheilungen nachgewiesen werden konnten, im Uebrigen glaubt aber auch dieser gewissenhafte Beobachter an die Wahrscheinlichkeit, dass bei allen Eitheilungen die Kerne nicht schwinden, sondern der Zelle in der Theilung voraufgehen. (Recherches sur la signification et la composition de l'oeuf p. 70 et 244).

nus von 0,0014 Mm. Durchmesser sich sehr deutlich erkennen lässt. Auch in diesem lässt sich bei stärkerer Vergrösserung ein weiteres dunkeles Kernkörperchen erkennen (s. Taf. XVIII, 1). Bei den weiteren Theilungen verschwindet der Kern jedesmal, wie vorhin das Keimbläschen, eine kurze Zeit ganz den Blicken des Beobachters, bis dann mit dem Fortschreiten des Theilungsprocesses die charakteristischen hellen Kernzonen sich wieder bemerkbar machen, in denen schliesslich die neuen Kerne zum Vorschein kommen (s. Tafel XVIII, 3). Bis zur fünften oder sechsten Theilung etwa geht die Furchung ohne irgend welche auffallende Eigenthümlichkeit vor sich, dann aber zeigt sich an der einen Seite der Zellkugel ein Eindruck, welcher mehr und mehr sich nach innen aushöhlt, so dass schliesslich eine beträchtliche schüsselförmige Vertiefung entsteht, welche den späteren ventralen Theile der Planula entspricht und beim Auftreten der Cilienbekleidung noch besonders durch den flimmernden Rand kenntlich wird (s. Taf. XVIII, 6 7 8) nach dem Ausschlüpfen des Embryo aber bald wieder ganz verschwindet. Diese Einstülpung hat also nichts zu thun mit der Bildung einer Gastrula, wo, durch eine ähnliche Einstülpung, ein Theil der Zellblase zum Entoderm wird und mit dem als Ectoderm verbleibenden Reste den Urdarm bildet, sondern das Entoderm entstand bei dieser Form jedenfalls schon früher, durch Differenzirung einer zweiten inneren Zellschichte, ein Vorgang, wie er ja auch bei andern Würmern, Zoophyten u. s. w. häufig beobachtet werden konnte.

Die Absonderung Müller'scher Richtungsbläschen [1]) (globules polaires v. Bened.) liess sich von den ersten Furchungen an verfolgen. Zuerst gross und deutlich, wurden sie späterhin, der Verkleinerung der Furchungskugeln entsprechend, immer unansehnlicher und erfüllten schliesslich nach dem Schwinden der Dotterhaut eine grosse Strecke des Binnenraums zwischen Chorion und dem nunmehr bis zur Cilienentwickelung vorgeschrittenen Embryo. Wir haben es hier also mit einem Vorgange zu thun, welcher eigentlich verbietet die Furchung der Eier als eine totale zu bezeichnen, nämlich mit der ersten Uebergangsstufe zur partiellen Furchung. Diese Richtungsbläschen greifen augenscheinlichst in keiner Weise in die Blastodermbildung mit ein und man kann daher

---

1) Zuerst von Joh. Müller bei Entoconcha mirabilis beobachtet, wo sie aber erst bei der zweiten Theilung sich auszusondern beginnen. Auch Gegenbaur fand sie bei Mollusken wieder, v. Beneden bei Wirbelthieren u. s. w. Auch bei Decapoden (Maja, Carcinus) fand ich sie wieder.

streng genommen nach ihrem Wegfall die Furchung nicht mehr als totale bezeichnen[1]). Wenn der Embryo nach dem Auftreten der Cilienbekleidung Bewegungsfähigkeit erhalten hat, beginnt er auf das lebhafteste, bald nach rechts, bald nach links um seine Queraxe zu rotiren. Man erkennt jetzt leicht seine als Hohlkugel angelegte Körperzusammensetzung, theils an dem hellen, durchscheinenden Rande neben dem dunkleren Mitteltheile, theils an den wellenförmigen Bewegungen, in welchen seine Oberfläche durch die Rotationen fortwährend erhalten wird und die ohne Vorhandensein eines grösseren Binnenraumes nicht ausführbar sein würden. Die Entwickelung schreitet weiter, zunächst durch Anlage zweier Pigmentflecke, welche der Form nach den späteren Augen völlig gleichkommen; dann schreitet zumal die Muskelanlage rüstig vorwärts, deren Ausbildung durch jetzt eintretende, heftige Contractionen und Dehnungen des Körpers in der Längenaxe sich kund thut, wodurch denn auch schliesslich ein Zerreissen des Chorion am Spitzenende bewirkt wird, was dem Embryo ermöglicht, seine bisherige Hülle zu verlassen (s. Taf, XXI, 10).

Jetzt bemerkt man an ihm zwei Arten von Anhängen, die zum Theil im Ei schon entwickelt, doch erst jetzt zur Geltung kommen, nämlich einen längeren Geisselfaden am Hinterende und ein, bisweilen sogar zwei kürzere Geisselfaden am Kopfende, die zu den Bewegungen der Planula kräftig beitragen und wohl am richtigsten als Steuergeisseln bezeichnet werden können. Bei der jetzt erfolgenden Streckung des Thieres war es auch möglich besser als vorher einen Einblick zu thun in die Verhältnisse des inneren Hohlraumes. Derselbe erscheint nämlich mehr als zur Hälfte erfüllt mit einem granulösen Inhalte, den ich als Reste von Nahrungsdotter (deutoplasma van Bened.) auffasse, der bei der Furchung nach dem centralen Ende sich hingezogen hatte und schliesslich unverbraucht übrig geblieben war, um dem Urdarm als erstes Verdauungsobject zu dienen. In Folge dieser Anhäufung wird der hintere Theil bedeutend undurchsichtiger und dunkler, während der vordere Abschnitt relativ durchsichtig erscheint und zwar je nach der grösseren Contraction oder Streckung des Thieres in geringerer oder grösserer Ausdehnung. Die dadurch entstehenden Ansichten (s. Tafel XXI, 10. 11) erinnern lebhaft an die

1) Dies verbietet eigentlich auch die später bemerkbar werdende Aussonderung von Nahrungsdotter in die centrale Höhlung, der nicht direct am Körperaufbau sich betheiligt, sondern dem ausgeschlüpften Embryo als erste Nahrung zu dienen scheint.

von Desor gegebenen Abbildungen seiner Larven mit (bei Contraction) halbmondförmigem oder (bei Extension) lanzettförmigem hellem Fleck, den er als erste Anlage des Darms ansehen zu dürfen glaubte. Max Schultze, der diesen Fleck bei seinen Larven auch bemerkte, deutete ihn als Mundspalte, indem er zugleich als wahrscheinlich hinstellte, dass der Darm aus der dunklen Zone des Kerns sich entwickele. Ich möchte nun behaupten, dass diese helle Stelle vorläufig nichts anders vorstelle, als einen inhaltlosen Abschnitt des Urdarms, welchen man bei Verfolgung der weiteren Entwickelung im Verhältniss des Verbrauchs des den unteren Abschnitt erfüllenden Deutoplasma sich auch entsprechend vergrössern sieht. Mundöffnung, After und Rüsselanlage treten wenigstens bei meinen Untersuchungsthieren erst viel später auf, während meinen Beobachtungen nach, das Abheben eines secundären, definitiven Darmes von der Körperwand durch etwa eintretende, doppelte Contourirung überhaupt nicht zu erkennen ist. Die Bewegungen der Planula sind anfangs ausserordentlich rasche und lebhafte, so dass man kaum vermag, das Thier unter dem Mikroskope im Auge zu behalten. Allmählig lässt dies nach und man sieht schliesslich, wie es erschöpft, nur noch schwach wimpernd, lang ausgestreckt daliegt. Es tritt jetzt eine sehr auffallende Erscheinung ein; das Thier beginnt nämlich, meist von hinten ausgehend, eine dünne Oberhautsschichte mit dem bisherigen Wimperkleide in kleinen Partikelchen abzustossen, während unter der verloren gehenden Hülle ein neues Wimperkleid zu Tage tritt. Man kann auf diese Weise den überraschenden Anblick haben, dass vorn noch das alte Kleid wimpert, während hinten schon das neue Wimperkleid in Function getreten ist, ein Beweis, dass letzteres bereits unter der bisherigen Hülle angelegt worden sein musste. Ist dann der Process beendet, so beginnt mit erneuter Kraft das alte Schwimmen und Rotiren. Auf der während desselben eingenommenen Stelle des Objectträgers bleibt ein schleimig, körniges Conglomerat zurück, in welchem hie und da auch grössere Körnchen eingebettet liegen, die sich als die Reste der Richtungsbläschen erkennen lassen, welche die ausschlüpfende Planula unfreiwilliger Weise in ihrem Wimperkleide mitgeschleppt hatte. Jetzt verschwinden bald die Kopf und Schwanzsteuergeisseln; das Thier wächst rasch, zumal in die Länge und es zeigen sich auch in seinem Innern wesentliche Veränderungen. Es tritt vorn, unterhalb der Augen, ein Gebilde auf, welches unschwer als Einstülpung erkannt und verfolgt werden kann (s. Taf. XXI, 11 *r*). Es ist dies

die erste Anlage des künftigen Rüssels, dessen Auftreten auch bei den im Pilidium sich entwickelnden Nemertinen, schon als ein sehr frühes nachgewiesen worden ist. Unter diesem Organe sehen wir ein zweites, rundliches durchscheinendes Gebilde erscheinen, welches ich, als die jetzt erst bemerkbar werdende Mundanlage ansprechen möchte, die der Analogie und dem ganzen embryonalen Aufbaue des Thieres entsprechend, als von innen durchbrechend aufgefasst werden muss. Im weiteren Verlaufe der Entwickelung [1]) sieht man den Rüssel sich merklich verlängern und durch eine Einschnürung am unteren Ende bereits die späteren zwei Hauptabschnitte vorbilden, welche beim vollendeten Thiere als drüsiger und muskulöser Abschnitt scharf abgesondert erscheinen. Rechts und links von Rüssel und Mundöffnung sieht man die massige Kopfmuskulatur sich deutlicher abheben, welche nach hinten von zwei Wülsten begrenzt wird, die als muthmaassliche Anlagen des doppelten Kopfganglions gedeutet werden können. Am aboralen Ende des Wurms sieht man sehr deutlich den Durchbruch des Afters von innen nach aussen, während an den Seiten hie und da dunklere Abschnitte sich bemerkbar machen, welche der Lage nach zu urtheilen, bereits auf die Bildung von Geschlechtsorganen hindeuten. Jedenfalls kann man genau sehen, dass zwischen Ektoderm und der „inneren Grenzschichte“ sich Massen differenziren, die durch ihr Wachsthum den Binnenraum stellenweise deutlich verengen. Ich mag, in Berücksichtigung der allzugrossen Jugendlichkeit des Stadiums, hier nicht mit Bestimmtheit von dem Auftreten von Geschlechtsorganen sprechen, zumal da ja die Möglichkeit vorhanden ist, dass an den bezeichneten Stellen, durch schnellere Differenzirung und daher örtlich massenhafteres Auftreten von Muskulatur, die beschriebenen Anschwellungen hervorgegangen sein könnten. An der Unterseite des Thieres zeigt sich endlich auch schon eines der als Greiforgane erwähnten Gebilde, welches bei weiterem Wachsthum gegen den Körper bedeutend zurückbleiben muss, um sein definitives Grössenverhältniss zu erreichen. Es dient vorläufig als Ruder und befindet sich während des Schwimmens in fortwährender Bewegung. Das weitere Wachsthum meiner jungen Würmer vermochte ich nicht zu verfolgen, da dieselben mir sämmtlich zu Grunde gingen. Ich glaube indessen auch jetzt schon ein genügendes Bild gegeben zu haben, da ja, abgesehen von der nicht mit Sicherheit nachweisbaren Genitalienanlage,

---

1) s. Tafel II, 12, o. r. a. n. d.

alle wichtigeren Organe des reifen Thieres im letzbeschriebenen Stadium bereits zu erkennen waren.

Wenn wir nun die mitgetheilten Beobachtungen mit den Entwickelungsvorgängen, wie sie uns von Metschnikow, Desor, M. Schultze und Anderen mitgetheilt worden sind, vergleichen, so ergeben sich trotz mannichfaltiger, wichtiger Differenzen, doch auch mancherlei verwandtschaftliche Verhältnisse. Am nächsten steht jedenfalls die von Metschnikow erwähnte „directe“ Entwickelung von Tetrastemma, soweit aus dem überaus kurzem Texte überhaupt etwas gefolgert werden kann. Er sagt, dass die Segmentation eine totale sei, dass die Zellen kugelig und eine Segmentationshöhle nicht vorhanden sei. Die Zellen lägen in zwei Massen, deren weitere Entwickelung der Undurchsichtigkeit halber nicht zu verfolgen gewesen sei. Der Darm werde nicht eingestülpt, sondern aus der centralen Masse der Embryonalzellen herausgebildet.

Ob bei der weiteren Entwickelung noch Anklänge an Metamorphose oder Generationswechsel eintreten, ist nicht gesagt worden.

Demnächst wäre die Desor'sche Beobachtung an Nemertes obscura Des. und die M. Schultze'schen an N. olivacea Johnst. zu vergleichen. Beide Untersuchungsobjecte stehen sich sehr nahe und sind vielleicht gar identisch, wie denn auch die von beiden Autoren mitgetheilten Beobachtungen im Allgemeinen viel Uebereinstimmung zeigen. Desor giebt allerdings eine Reihe sehr auffallender Notizen, die M. Schultze theils ganz ignorirt, theils doch nicht zu berichtigen vermag; so spricht er sich unter anderen aus, dass der Keimfleck der Eier beim Austreten aus dem Eierstocke verschwinde und statt dessen mehrere helle oder halbdurchsichtige Flecke entständen, ohne bestimmte Contour und ohne Kern, die er als „oelartige“ Tropfen bezeichnet; dann berichtet er weiter von dem Entstehen von Falten am Rande des Dotters beim Eintritt der Furchung, die ihn in unregelmässige, kernlose Lappen theilten, während der Rest der Furchung regelmässig verlaufe. So sehr nun auch diese oder ähnliche Angaben einer eingehenden Kritik unterworfen zu werden verdienten, so würde dies hier doch nicht zu weit ablenken und gehe ich darüber hinweg zu einem auch von M. Schultze vollkommen bestätigten Punkte, nämlich zu der Angabe, dass der bereits 7 Tage mit Cilien bedeckte und in der gemeinsamen Flaschenmembran umherschwimmende Embryo auf einmal unter seiner äusseren, dunklen Zone einen leeren Raum zeige, innerhalb desselben der übrige Körper mit einer selbststän-

digen Wimperbekleidung ausgestattet, von der Drehung des ganzen Thieres unabhängige Bewegungen und Zusammenziehungen ausführe. Beide sahen alsdann, wie das im Innern eingeschlossene, neue Thier, die es zurückhaltenden Zellschichten zersprengte und nun frei und ungehindert, wimpernd umherschwamm. Um diesen Vorgang zu erklären, müssen wir einen Blick werfen auf die Entwickelung der Nemertine aus oder besser in dem Pilidium, welche uns von GEGENBAUR [1]), KROHN [2]), LEUCKART [3]) und PAGENSTECHER und schliesslich in ausführlicherer Weise von METSCHNIKOW [4]) dargelegt worden ist.

Alle diese Autoren, stimmen, wie in den Hauptpunkten der Entwickelungsvorgänge, so auch darin überein, dass die junge Nemertine im Pilidium unter Zuhülfenahme von Einstülpungen der Pilidiumwand sich neu bilde (aufamme, GEGENBAUR), und beim Ausschlüpfen aus dem Körper seiner Amme nur deren Darm und Mund annectire, um sich derselben fortan selbst für ihr späteres selbstständiges Dasein zu bedienen. Vergleichen wir diesen Entwickelungsgang mit dem der DESOR'schen Nemertine, so fällt sofort die grosse Aehnlichkeit beider in die Augen; abgesehen von den ersten Einstülpungs- und Bildungsvorgängen, sehen wir in beiden Fällen in einem vollkommen selbstständigen Organismus einen zweiten neu erstehen, der sich nicht aus dem Gesammtkörper des alten bildet, sondern nur einzelne Theile desselben sich aneignet und zu seinem Aufbau verwerthet. Hier wie dort bewegen sich, leben und wachsen Amme und „Schützling" gleichzeitig und relativ unabhängig von einander, bis letzterer den Ammenkörper durchbricht und somit denselben der ferneren Lebensfähigkeit beraubt. KROHN bezeichnet S. 291 die Entwickelung der DESOR'schen Nemertine als einen Uebergang zwischen directer Entwickelung und Generationswechsel, während LEUCKART (a. a. O. S. 587), obschon er bei Erklärung der Pilidiumentwickelung der Metamorphose das Wort redet, gleichfalls die DESOR'sche „Larve" als embryonales Pilidium bezeichnet. Ich meinerseits kann mich in gewissen Be-

1) GEGENBAUR, Bemerkungen über Pilidium und Actinotrocha. Zeitschr. für wissenschaftl. Zoologie 1854 S. 252.

2) KROHN, Ueber Pilidium u. Actinotrocha. Archiv für Anatom. u. Physiol. 1858 S. 289.

3) LEUCKART u. PAGENSTECHER, Archiv für Anatomie u. Physiol. 1858 S. 558.

4) METSCHNIKOW, Entwickelung der Echinodermen und Nemertinen. Memoires de la société imp. de St. Petersbourg 1870.

ziehungen diesen Ansichten und besonders der Krohn'schen nähern, aber ich folgere und entwickele in umgekehrter Reihenfolge und bezeichne die Desor'sche Entwickelung als einen verkürzten Generationswechsel und die Nemerteslarve als ein vereinfachtes Pilidium, indem ich zugleich die von mir bei Cephalothrix gemachten Beobachtungen insofern anreihe, als ich in dem Abstossen der dünnen, äussern Zellschichte mit dem Wimperepithele nichts, als eine weitere Verkürzung der Pilidiumentwickelung sehe, d. h. einen Rest von Generationswechsel, der, allein betrachtet, eher allem anderen ähnelt, aber in vergleichender Verbindung mit obigen beiden Formen den Zusammenhang mit der regelrechter Metagenesis auf das deutlichste erkennen lässt. Auch bei meinen Thieren entsteht gewissermaassen noch eins in dem andern, denn beim allmähligen Abstossen der äusseren Hülle flimmert, wie bereits erzählt, an der einen Stelle bereits das neue Wimperepithel, während an andern das alte noch in Function verblieben ist.

Dazu tritt ein weiterer, speciell für den Zusammenhang der Cephalothrixentwickelung mit derjenigen Pilidium erzeugender Würmer sprechender Punkt, den ich bereits vorhin bei Schilderung der Segmentationsvorgänge kurz erwähnte, ohne weitere Bemerkungen an ihn zu knüpfen. Es ist dies das embryonale Auftreten der, nach dem Ausschlüpfen des Embryo bald wieder verschwindenden, flachen Einstülpung, welche ich für eine Erinnerung an die Pilidiumform, für das atavistische Auftreten der ventralen Pilidiumeinstülpung halte. Auch diese embryonale Einstülpung liegt ventral und in ihrem Bezirke bildet sich die Mundöffnung, wie beim Pilidium, mit dem einzigen Unterschiede, dass beim letzteren bereits die Amme selbst die Mundöffnung, die später dem Wurm zu Gute kommen soll, vorgebildet hat, während bei meinen Thieren aller Wahrscheinlichkeit nach erst nach Abwerfung der Larvenbezüglich Ammenhülle der Durchbruch derselben erfolgt.

Während also die Nemertine (Rhochmocephalide Metsch.) von dem Körper ihrer Amme resp. von deren Organen Darm, Mund und einem Theil der Körperwand beansprucht, lässt die Desor'sche Nemertes derselben nur eine dicke Schichte ihrer Körperwand zurück und meine Cephalothrix schliesslich beansprucht nahezu die ganze Körpermasse, nur eine dünne Oberhautschichte, vielleicht nur die Epithelialschichte, gleichsam um der Gewohnheit ihres Stammes nicht ganz untreu zu werden, als überflüssigen Ballast von sich abschüttelnd.

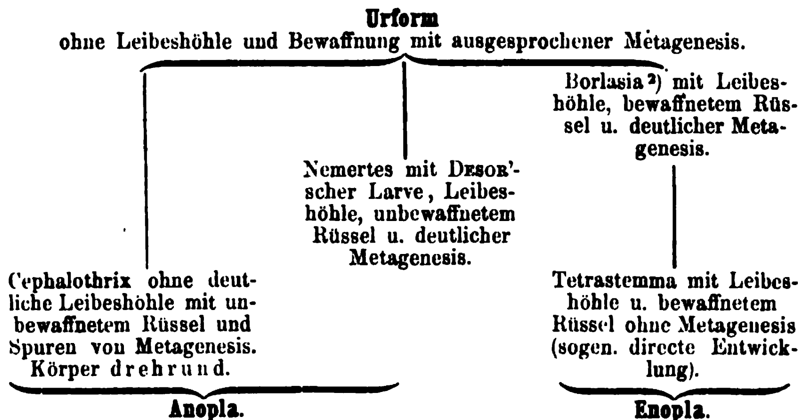
In gleicher Weise, wenn auch mit minderer Sicherheit, deute

ich ferner auch das Auftreten der starken Steuergeisseln bei meinen Thieren, als eine Erinnerung an die alte Pilidiumform. Es würde alsdann die starke Schwanzsteuergeissel, als dem oralen Theile entgegengesetzt, dem Helmstachel des Pilidium entsprechen.

Beide Momente nähern meine Cephalothrixentwickelung noch weit mehr als die Desor'sche Form (und mit Ueberspringung derselben) der Pilidiumentwickelung der Rhochmocephaliden Nemertine Metschnikow's, so dass ich beide als parallel aus den letzteren Entwickelungsmodus hervorgegangen ansehen muss. Um die Verkürzung der Entwickelung zu schematisiren, würden wir, mit Berücksichtigung der auffallenden Abweichungen in den Organisationsverhältnissen der Cephalothrix, besonders des wahrscheinlich gänzlichen oder fast gänzlichen Mangels einer besonderen Leibeshöhle, welcher einer niederen Entwickelungsstufe bedingen würde, folgendermaassen zu verfahren haben. Wir müssen als Ausgangspunkt eine Form adoptieren, welche neben einer ursprünglichen, einfachen Organisation ohne Leibeshöhle und Blutgefässe die ursprüngliche Entwickelung durch ausgesprochenen Generationswechsel repräsentirt.

Ferner muss auf das Vorhandensein der Rüsselbewaffnung ein grosses Gewicht gelegt werden, weil nach den neuen Untersuchungen von C. M. Intosh[1]) sich die Anopla durch vielfach minder entwickelte Organisation von den Enoplis streng absondern.

Wir haben also anzuordnen:



1) Proceed. of the Edinb. Royal Society Sess. 1868—69: on the Affinities and Classification of Nemerteans.

2) Borlasia ist wahrscheinlich das Mutterthier des Helgoländer Pilidium gyrans (Leuckart u. Pagenstecher a. a. O.).

Es bleibt mir nun noch übrig die Hoffnung auszusprechen, dass ich durch meine Beobachtungen u. Ausführungen einen kleinen, doch nicht unwesentlichen Beitrag geliefert habe zum Verständniss der durch ihre mannichfachen Complicationen und scheinbar so heterogenen Vorgänge interessanten Nemertinenentwicklung. Die Materialien sind natürlich auch jetzt noch viel zu unvollständig um eine genügende Erklärung und Aufhellung dieser merkwürdigen Vorgänge u. Verhältnisse zu ermöglichen. Wir müssen eben der Zukunft anheim stellen, ob sie uns durch Enthüllung neuer erklärender Zwischenglieder ein vollkommen abgerundetes, harmonisches Bild des Entwickelungsganges *auch* dieser Thiergruppe zu gewähren vermag.

Jena, d. 26. Juni 1873.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. XX.

Figur 1, 2, 4, 5: Eier von Cephalothrix Galatheae in verschiedenen Furchungszuständen; *d* Dotterhaut; *g* globules-polaires (Richtungsbläschen).

Fig. 3. Ei in der Furchung begriffen. Wiedererscheinen der Zellkerne.

Fig. 6, 7, 8. Furchungskugeln mit allmählig sich entwickelnder Pilidiumeinstülpung (*p*).

Fig. 9. Zum Ausschlüpfen fertiger Embryo.

Taf. XXI.

Fig. 10. Embryo im Ausschlüpfen begriffen; *g* Reste der Richtungsbläschen; *fl* Geisselfäden.

Fig. 11. Fortgeschrittenes Stadium; *r* Rüsselanlage, *o* Mundanlage.

Fig. 12. Fortgeschrittenes Stadium; *r* Rüssel, *o* Mund, *i* Nahrungscanal, *ov* muthmaassliche Anlage der Ovarien, *a* After, *d* fingerförmiges Anhängsel.

Fig. 13. Theil eines Querschnittes durch die Körpermitte des Wurms; *e* Epidermis, *mb* Basalmembran, *mr* Ringmuskelschichte, *ml* Längsmuskelschichte, *n* Nerv, *ov* Ovarium.

Fig. 14. Befruchtung und Eiablage von Cephalothrix; *v* vulva, *op* Deckel derselben.

Fig. 15. Spermatozoen in verschiedenen Entwicklungsstufen.

Fig. 16. Halbschematische Ansicht des Kopfendes von Cephalothrix Galatheae; *r* Rüssel, *o* Mund, *g* Nahrungscanal, *mm* Muskeln, *gl* Ganglion, *nn* Nervenstränge.

Ueber Anlage und Wachsthum der Wurzeln von Lycopodium und Isoëtes.

Von

Hellmuth Bruchmann.

(Hierzu Tafel XXII—XXIV.)

Die Lycopodiaceen sind durch ihre Stellung im System, als oberste Gruppe der Kryptogamen, die den Anschluss an die Phanerogamen zu vermitteln scheint, von besonderer Bedeutung für den wissenschaftlichen Forscher geworden. Ihre Erkenntniss ist aber mit nicht geringen Schwierigkeiten verbunden, schon in Folge der wenigen gemeinsamen Charaktere, welche diese Gruppe aufzuweisen hat.

Die Dichotomie, oder doch eine auf Dichotomie zurückführbare Verzweigungsart scheint nur noch das durchgreifendste Merkmal zu sein und hat Sachs sogar in der vierten Auflage seines Lehrbuches bewogen, den alten Namen dieser Familie mit dem der „Dichotomen" zu vertauschen. Die übrigen Verschiedenheiten inzwischen der jetzt lebenden Repräsentanten dieser Dichotomen dürften leicht verständlich sein, wenn wir bedenken, dass sie nur die Ueberreste einer Pflanzenfamilie sind, die bereits im paläolithischen Zeitalter ihre Glanzperiode durchlebte.

In nachstehender Arbeit soll ein kleiner Beitrag zur näheren Kenntniss der recenten Lycopodiaceen gegeben werden und zwar beziehen sich die Untersuchungen namentlich auf die durch die Entwickelungsgeschichte, wie ich hoffe, nunmehr klargelegten Wachsthumsverhältnisse der Wurzeln von Lycopodium und Isoëtes.

Zu dieser Arbeit wurde ich durch meinen hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. E. Strasburger angeregt und dann freundlichst unterstützt, wofür ich ihm meinen ergebensten Dank ausspreche.

Literatur.

Die Arbeiten über die hier in Betracht kommenden Gegenstände sind wenig zahlreich; in Folgendem führe ich in gedrängter Uebersicht das Wichtigste derselben an.

Ueber Lycopodium sind zunächst die Arbeit von Nägeli und Leitgeb[1]) hervorzuheben. Genannte Forscher wählten das höchst ungünstige Lycopodium clavatum zum Object ihres Studiums und gelangten „nach einer längern Untersuchungsreihe zu der Ueberzeugung, dass die Wurzeln der Lycopodien eine einzige Scheitelzelle besitzen und dass sich dieselbe durch schiefe Wände theilt.“ Ja, an jungen Anlagen der Gabelungszweige wollen sie sogar deutlich eine Scheitelzelle, die keilförmig in das Gewebe des Wurzelkörpers eingesenkt ist, gesehen haben. Diese Scheitelzelle soll in derselben Weise wie bei niederen Kryptogamen den Wurzelkörper aufbauen, hier aber bald ihr Wachsthum einstellen. Gesagtes wird in der angeführten Arbeit durch eine Zeichnung: Fig. 12 auf Taf. 17 veranschaulicht.

Ueber die Form der Scheitelzelle konnten aber genannte Forscher sich nicht klar werden. Der „Wahrscheinlichkeit“ nach nehmen sie für dieselbe die Gestalt einer vierseitigen Pyramide in Anspruch. Auch das Verhalten der Scheitelzelle bei der Gabelung konnte nicht festgestellt werden. — Reinke[2]) giebt bei seinen Bemerkungen über das Spitzenwachsthum der Archispermen- (Gymnospermen-)Wurzel gelegentlich folgendes Hierhergehörige: „Ueber den Bau der Wurzel von Lycopodium gelang es mir nicht, in's Klare zu kommen. Während der Bau der Haube auf eine Scheitelzelle hinweist, so ist die letztere doch durchaus nicht zu finden; der Bau des Wurzelkörperendes, namentlich die sehr früh differenzirte Epidermidalschicht erinnert an die Angiospermen.“ An einer anderen Stelle[3]): „Der Vegetationspunkt der Lycopodiaceen-Wurzel besteht aus einer Gruppe gleichwerthiger Zellen, welche von einem gemeinsamen Bildungsgesetze beherrscht werden,“ und hält die Möglichkeit des Wachsthums der Wurzel in der Jugend mit einer Scheitelzelle nicht ausgeschlossen, deren Thätigkeit bald erlischt und durch intercalare Zellbildung ersetzt wird.

Zu ganz anderer Auffassung kommt Strasburger[4]) über diese

1) Beiträge zur wiss. Bot. von Nägeli. 4. Heft. Leipzig 1868 S. 117 ff.
2) Nachrichten v. d. K. Ges. d. Wiss. 1871 Nr. 21 S. 531.
3) Morphol. Abhandlungen. Leipzig 1873 S. 2.
4) Conif. und Gnet. Jena 1872 S. 355 ff.

Wachsthumsverhältnisse. Er machte L. Selago, ein sehr günstiges Object, zum Gegenstande seines Studiums und wies das Vorhandensein von drei gesonderten Geweben nach: Central das Plerom, es wächst mit eigenen Initialen. Ueber dessen Scheitel läuft, auf dem Längsschnitt gesehen, ein aus mehreren Zellreihen bestehendes Periblem, das hier nur radiale Theilungen eingeht. Darüber das Dermatogen (Protoderma Strasburger's), von welchem oben am Scheitel durch tangentiale Theilung, wie nach einigen Präparaten geschlossen wird, die Bildung der Wurzelhaube erfolgt. (Vergleiche dazu eben dort Fig. 32, Taf. 25.)

So sind uns also durch diese drei Autoren nicht weniger als drei verschiedene Ansichten über das Spitzenwachsthum der Lycopodien-Wurzel vorgeführt, die sich in den Extremen, von nur einer Scheitelzelle bis zu festausgeprägtem Metaspermen-(Angiospermen-) Typus bewegen.

Ueber die Gabelungen dieser Wurzeln haben wir von Strasburger in der angeführten Arbeit wichtige Aufschlüsse. Er ist der Erste, der die Entwickelungsgeschichte der Dichotomie bei einem Wachsthum mit gesonderten Gewebsgruppen erforschte [1]). Ebenso verdanken wir demselben wichtige Mittheilungen über die inneren Wurzeln aufrecht wachsender Lycopodien [2]). —

Für Isoëtes giebt Hofmeister [3]) eine das Wachsthum der Wurzel beherrschende, Scheitelzelle an, die „sich in dauernd wiederholter Folge durch einander gegenständige Querwände" theilt.

Die Form derselben würde nach Hofmeister, wenn ich recht verstanden habe, diejenige einer abgestumpften dreiseitigen Pyramide sein, die, mit dem abgestumpften Ende in den Wurzelkörper eingesenkt, diesen durch je eine Theilung nach unten und durch je drei seitlich abgegebene Segmente aufbaut. Die Wurzelhaube aber wird durch einen nach oben schwach convexen Theilungsabschnitt von der breitesten Seite der Scheitelzelle regenerirt. Die beigegebenen Figuren scheinen das Gesagte theilweise zu bestätigen.

Die Gabelung wurde von Hofmeister in ihren Anfängen nicht beobachtet. Er spricht die Vermuthung aus, dass sie mit einer Längstheilung der gefundenen Scheitelzelle beginne.

---

1) Vergl. a. a. S. 356 ff.

2) Einige Bemerkungen über Lycopodiaceen. Bot. Zeit. 1873 S. 113 ff.

3) Entwickelungsgesch. der Isoëtes lacustris in den Abhandl. der math. phys. Kl. d. K. sächs. Ges. d. Wiss. II. Bd. Leipzig 1855 S. 136 ff.

Nägeli und Leitgeb, die in der, schon bei Lycopodium gedachten Arbeit, auch Isoëtes behandeln[1]), berufen sich bei der Besprechung des Spitzenwachsthums auf Hofmeister's Angaben. Sie selbst haben aber trotz aller möglichen Präparationsversuche, bei Aufopferung von vieler Zeit und Mühe, keine das Wachsthum beherrschende Zelle gefunden. Dennoch sprechen sie sich, mehr auf negativen als auf positiven Resultaten fussend, für das Wachsthum mit einer solchen aus, und zwar vermuthen sie, dass dieselbe zweischneidig sei.

Folgender Excurs, der hier wörtlich folgen mag, zeigt, wie nahe diese Forscher dem richtigen Wachsthumsvorgange standen: „Es wurden nach einander die verschiedenen denkbaren Annahmen an den Schnitten geprüft, und es mussten zuletzt alle als unmöglich aufgegeben werden, bis auf die eine, die wir festgehalten haben. So wurde namentlich erörtert, ob vielleicht die Wurzel von Isoëtes, statt eines einheitlichen Wachsthums in der Scheitelzelle, ein zweifaches oder dreifach getrenntes haben könnte, wofür der scheinbare Mangel einer durchgehenden Anordnung in den Geweben zu sprechen scheint[2]), — ob also der Cambiumcylinder (das Plerom) selbständig für sich wachse oder der Cambiumcylinder mit der innern Rinde vereint, ob die Wurzelhaube selbständig für sich wachse oder die Wurzelhaube mit der Epidermis vereint, ob die innere Rinde oder die äussere Rinde einen besonderen Ursprung habe u. s. w. Es zeigte sich, dass alle diese Annahmen, wenn sie auch mit manchen Ansichten sich vereinigen liessen, doch durch andere widerlegt wurden, und dass nur die Annahme durchführbar sei, dass wie bei den übrigen, Wurzelkörper und Wurzelhaube ihren gemeinsamen Ursprung im Scheitel und zwar in einer einzigen Scheitelzelle haben, da auch die Pluralität der Scheitelzellen ausgeschlossen wurde.“ —

Auch ein anderer Theilungsmodus der Scheitelzelle wird von Nägeli und Leitgeb festgesetzt und die von Hofmeister gegebene detaillirte Darstellung der Theilungen derselben als falsch gefunden, wobei die Verfasser die Vermuthung aussprechen, Hofmeister habe nur wenig Schnitte und diese nur von ausgewachsenen Wurzelspitzen, wie sie aus seinen Abbildungen ersehen, vor sich gehabt. Sie

1) a. a. O. S. 131 ff.

2) Unter dieser durchgehenden Anordnung, die bei Isoëtes mangelt, verstehen die Verfasser ohne Zweifel das Fehlen solcher Anordnung, wie sie uns bei den mit deutlicher Scheitelzelle wachsenden Pflanzen in ihren Geweben am Scheitel im Verhältniss zur Scheitelzelle entgegentritt.

schliessen ihre Arbeit mit folgenden Worten: „Unsere Annahme einer zweischneidigen Scheitelzelle in den Isoëtes-Wurzeln wird also nicht durch zwingende positive Thatsachen, nicht durch die unwiderlegliche Wahrnehmung dieser Scheitelzelle gefördert, sondern nur deswegen nahe gelegt, weil die übrigen denkbaren Annahmen aufgegeben werden mussten."

Die dieser Arbeit beigegebenen Abbildungen von Längsschnitten junger Dichotomien (Taf. XIX Fig. 11 und 12) dagegen zeigen die Verhältnisse des Scheitelwachsthums ziemlich richtig, wie sich in weiterem Verlaufe der Darstellung ergeben wird und werden auch von Strasburger entsprechend gedeutet [1]).

Das Vorhandensein einer Scheitelzelle in den Wurzelspitzen von Lycopodium und Isoëtes ist also mit Evidenz nachzuweisen keinem der Forscher gelungen, die sich hier für ein Wachsthum mit einer solchen entschieden haben. Selbst die Gewissheit, mit der Hofmeister seine Annahme für Isoëtes ausspricht, zu der er entwickelungsgeschichtlich gekommen ist, und die er durch Abbildungen belegt, lassen in dem Leser bei Vergleichung der diese Auffassung bestätigenden Figuren untereinander und mit den dahingehörigen in der Arbeit Nägeli's und Leitgeb's einige Zweifel aufkommen, und es macht den Eindruck, als wenn die Existenz einer solchen, das Scheitelwachsthum beherrschenden Zelle, durch die Ergebnisse der vorher zu Ende gebrachten Untersuchungen über das Wurzelwachsthum niederstehender Gefässkryptogamen a priori auch für diese angenommen seien. Jetzt, da wir durch die Arbeiten der letzten Jahre [2]) andere Spitzenwachsthumstypen kennen lernten, können wir unbefangener an derartige Fragen treten.

Meine Untersuchungen begann ich im März dieses Jahres mit Isoëtes und liess nach Abschluss derselben die von Lycopodium folgen, die sich bis Ende des Sommersemesters hinzogen. In der Darstellung der Ergebnisse will ich aber die umgekehrte Folge, die durch das System gebotene, einhalten und beginne daher mit

---

1) a. a. O. S. 357.

2) Die beiden ausgezeichneten Arbeiten von Hanstein: Die Scheitelgruppe im Vegetationspunkt der Phanerogamen, Bonn 1868, und die Entwickelung des Keimes der Monokotylen und Dikotylen, botanische Abhandlungen, I. Heft, Bonn 1870, müssen als die bahnbrechenden in dieser Richtung angesehen werden.

Lycopodium.

Die Stellung der Wurzeln[1]).

In der Jenenser Flora kommen fünf verschiedene Species von Lycopodium vor: L. Selago L., annotinum L., inundatum L., clavatum L. und Chamaecyparissus Al. Br., und konnte ich dieselben somit in den Bereich meiner Untersuchungen ziehen.

Die Wurzeln erscheinen bei den kriechenden Arten nur an der dem Boden aufliegenden Seite des Stammes, bei der aufrechten Art, L. Selago, hingegen an dem mit Erde bedeckten Stammtheile ziemlich allseitig, mit Bevorzugung der abwärtsgekehrten Seite; bei allen aber in akropetaler Reihenfolge nach dem Scheitel des Stammes zu. Ausnahmen von diesem letzten Verhalten sind selten[2]).

Doch ist es nicht immer dieselbe Seite des kriechenden Stammes, am allerwenigsten dieselbe Medianebene, an der die Wurzeln zum Vorschein kommen, wie man sich hiervon namentlich bei L. inundatum überzeugen kann. Feuchtigkeit und Dunkelheit scheinen allein bei den kriechenden Arten die Factoren zu sein, welche die Anlage der Wurzel an einer bestimmten Seite begünstigen und eben diese Seite des Stammes zur Bauchseite desselben umgestalten. Diese Factoren können aber bei unebenem Boden verschiedentlich geboten werden. Namentlich fällt dies bei den jungen Sprossen von L. inundatum auf, die oft seitwärts ihre Wurzeln hervortreten lassen, wenn ihnen von der Seite her genannte Verhältnisse günstiger entgegentreten als von unten. Ja, mir gelang es, einen über einen Centimeter langen Ast im Laufe des ferneren Wachsthums durch allmähliche Drehung, die die untere Seite nach und nach zur oberen machte, so umzugestalten, dass die nun dem Boden aufliegende, frühere obere Seite, die Wurzeln erzeugte, während die Blätter sich von dieser nach der dem Lichte zugekehrten wendeten.

Bei L. Selago, mit aufrechen Stengeln, entstehen, wie Strasburger beobachtet hat[3]), die Wurzeln oberhalb des Bodens in der Rinde dieser Stengel, laufcn von ihrer Entstehungsstelle parallel dem Gefässcylinder des Stammes in der Rinde fort und treten nur unter dem Boden aus ihr hervor. Ein früheres Hervortreten

1) Vergl. Nägeli und Leitgeb a. a. O. S. 117.
2) Siehe weiter unten.
3) Einige Bem. über Lycopodiaceen. Bot. Zeit. 1873 S. 109.

wird dann begünstigt, wie ich mich überzeugte, wenn der Stamm dem Boden eng anliegend gehalten wird, wie es auch in natura öfter vorkommt.

Der gegenseitige Abstand der Wurzeln ist bei verschiedenen Species ein verschiedener. Bei L. clavatum, annotinum und Chamaecyparissus treten sie in langen, untereinander sehr ungleichen Intervallen auf. L. inundatum steht im reinen Gegensatz hierzu; es erzeugt trotz der Kleinheit seines Stammes viele Wurzeln[1]), die in ebenso ungleichen doch oft bis auf 1 Mm. sich nähernden Zwischenräumen stehen. Sogar nebeneinander, in gleicher Entfernung vom Scheitel treten sie auf. Auch bei L. Selago sind die Abstände der Entstehungsorte der Wurzeln innerhalb des Stammes über dem Boden sehr gering.

Bei L. clavatum sieht man oft den Stamm kurz vor der Gabelung eine Wurzel erzeugen und den jungen Gabelzweig sich baldigst bewurzeln; Letzteres ist namentlich auch bei L. inundatum stets der Fall. Trotzdem lässt sich auch hier weder für die Stellung der Wurzeln zu einer Gabelung noch zu den Aesten derselben ein durchgreifendes Gesetz feststellen.

Ebensowenig zeigt die Wurzel irgend welche Beziehung zu den Blättern. Es hat zwar oft den Anschein, als wenn die Wurzel aus der Achsel eines Blattes oder der Blattbasis eines nächst höheren entspringen möchte, doch zeigen dann wieder andere Fälle das Gegentheil. Die Blätter stehen bei allen den hier in Frage tretenden Lycopodien eben so dicht gedrängt, dass der ganze Rindenkörper des Stammes als aus verschmolzenen Blattbasen bestehend anzusehen ist.

Auch auf die Blattstellung haben die Wurzeln keinen Einfluss, noch veranlassen sie einen Abortus der Blätter, höchstens eine kleine Verschiebung derselben, so dass sich endgiltig sagen lässt, die Wurzeln treten bei Lycopodium in völliger Unabhängigkeit von der sonstigen Gliederung der Pflanze auf, verhalten sich in dieser Beziehung also ähnlich den Gabelästen.

---

1) So fand ich an einem 5 Centimeter langen Stämmchen 20 Wurzeln; es kommen also auf ein Centimeter 4. L. annotinum zeigt dagegen oft auf 1 Meter Länge, nicht mehr als 4 Wurzeln.

Entwickelungsgeschichte der Wurzel von Lycopodium inundatum bis zur Differenzirung ihrer Gewebe.

Wachsthum des Stammes und der Blätter. Die Verzweigung. „Pseudo-Adventivknospen". Erstes Auftreten der Wurzel und die Differenzirung ihrer Histogene.

Um die Entwickelungsgeschichte der Wurzel von der ersten Anlage ab zu verfolgen [1]), sind natürlich die kriechenden Species die geeignetsten, und von solchen, mir zur Verfügung stehenden Arten, fand ich bald L. inundatum als günstigstes Object heraus.

Dieses höchst interessante kleine Pflänzchen, von dem De Bary die ersten Stadien der Sporenkeimung verfolgte, und bei dem Hegelmeier die namentlich diese Species auszeichnenden Schleimkanäle in den Blättern und an deren Grunde (Fig. 13, 15) entdeckte, ist für das Wurzelstudium zum mindesten eben so günstig, wie L. Selago. Ausserdem treten die Wurzeln in schneller Folge auf und gabeln sich sehr regelmässig, namentlich zum ersten Male im Frühjahre. Lycopodium inundatum kommt bei Jena in sandigen Regionen auf sumpfig feuchten Stellen vor, wird nur wenige Zoll lang, stirbt von hinten her schnell ab und macht dadurch die seitlich abgegebenen vegetativen Sprosse bald zu selbständigen Pflänzchen; die einzig bekannte, aber ziemlich ergiebige Vermehrungsart.

Die Schnitte zur Erforschung der Wurzelanlage wurden senkrecht zur Bauchseite des Stammes, parallel zur Längsaxe desselben geführt. Querschnitte sind hier nicht zulässig, weil sich die jungen Wurzeln sofort schräg akroskop in dem Stamme stellen; anders bei L. clavatum und einigen anderen Arten, wo sie ziemlich rechtwinkelig zu stehen kommen. Schnitte, in der angegebenen Weise durch die Spitze des Stammes von L. inundatum geführt, zeigen oft mehrere Wurzelanlagen auf einmal, unter günstigsten Verhältnissen selbst die ganze Entwickelungsgeschichte. Oft aber auch, namentlich da, wo das Stämmchen tief in der Erde eingebettet, trifft man nur eine Anlage in derselben Medianebene und zwar werden sie dann meistens alternirend an den äusseren Seiten der Bauchfläche des Stammes erzeugt. Von Reagentien zur

---

1) Selbstverständlich musste ich mich hier mit dem Studium der Anlage der Seitenwurzeln des Stammes begnügen. Junge Keimpflänzchen mit Prothallien konnte ich trotz aller Mühe nicht finden. Die Entwickelungsgeschichte der ersten Wurzel von Lycopodium dürfte uns vielleicht erst eine noch entfernte Zukunft bringen.

Aufhellung der Gewebe thaten mir hier, wie auch bei Isoëtes vor anderen Kalium-Hydroxyd, Essigsäure und Glycerin, in verdünnter Form nach einander zugegeben, die besten Dienste.

Die erste Anlage der jungen Wurzel geschieht hier in den meisten Fällen hoch oben am Scheitel des Stammes vor der Entstehung der jüngsten Blätter (Fig. 1), so dass es nothwendig ist, zur genauen Präcisirung dieser Erscheinung die hier am Scheitel überhaupt auftretenden Verhältnisse zuvor in Erwägung zu ziehen.

Die genauere Kenntniss des Scheitelwachsthums von Lycopodium verdanken wir Strasburger[1]) und Hegelmeier[2]), die unabhängig von einander fast zu demselben Resultate kamen, welches Ersterer namentlich an L. Selago und clavatum, Letzterer an L. alpinum, Selago und annotinum fand.

Auch L. inundatum (siehe Fig. 1) zeigt durchaus dasselbe Scheitelwachsthum. Die Scheitelmitte wird von mehreren Zellen eingenommen, die sich durch bedeutende Grösse vor allen anderen auszeichnen; namentlich sind sie von bedeutenderer Tiefe, als die umstehenden und treten durch den Mangel tangentialer Wände hervor. Sie geben nur durch radiale Wände Segmente ab, aus denen in gesetzmässiger Weise (vergl. Strasburger a. a. O.) das ganze Rindengewebe aufgebaut wird. Die Zahl dieser Periblem-Initialzellen (Dermatogen-Initialen nach Strasburger) ist auch hier keine bestimmte. Fig. 1 zeigt deren 3 im Längsschnitt; oft bekommt man auf diese Weise nur zwei und selbst nur eine zur Anschauung. Von oben gesehen fand ich 3 bis 5 solcher durch Grösse hervortretende Zellen in sehr wechselnder Anordnung neben einander.

Das Plerom wächst durch besondere Initialen, die unmittelbar an die der Rinde anschliessen. Dass die grossen Zellen der Scheitelmitte, wie Cramer[3]) will, durch Querwände auch das Plerom versorgen sollten, gelang mir nicht zu finden. Nach Hegelmeier[4]) scheint eine derartige Theilung nicht für immer ausgeschlossen zu sein. Doch sehr genaues Studium des Scheitels von L. inundatum liess mich auf keine derartige Theilung stossen. Da, wo sie vorhanden zu sein schien, war es stets ein nicht genau die Mediane

1) Conif. u. Gnet. S. 336 ff., Fig. 2 auf Taf. XXIX.

2) Zur Morphologie der Gattung Lycopodium. Bot. Zeit. 1872 S. 805 ff. Fig. 12, 13, 14, 42, 43, 68.

3) Pflanzenphysiol. Unters. v. Nägeli und Cramer. 3. Heft S. 10.

4) a. a. O. S. 808.

zeigender Schnitt. Der Schnitt, um eine Zelle seitwärts geführt, veranschaulicht die ersten Segmente der Periblem-Initialgruppe in ihrer tangentialen Theilung und kann die Veranlassung zu dieser irrthümlichen Auffassung geben. Es sind hier nur mehrschichtige Medianschnitte oder der Vergleich sämmtlicher durch die Mitte geführter Schnitte, die sichere Auskunft geben können.

Wir haben also auch in dem Scheitel von L. inundatum zwei gesonderte Histogene, central das Plerom, umgeben von dem Periblem. Beide Gewebe wachsen durch besondere Initial-Gruppen, die unmittelbar aneinander grenzen, freilich aber in der Jugend sehr schwer voneinander zu unterscheiden sind. Ein Dermatogen im Sinne HANSTEIN's fehlt. Als Epidermis ist die äusserste Schicht des Periblems aufzufassen.

Seitlich am Vegetationskegel treten die Blätter[1]) hervor. Gewöhnlich wird ihre Entstehung bei L. inundatum (im Längsschnitt gesehen) durch Theilung zweier äusserer Rindenzellen parallel zur Aussenfläche eingeleitet (Fig. 1 *bl*[1]). Die nun hervorgewölbte, stark convexe Blatt-Protuberanz ist durch ihre unbedeutende Stärke und sich bald markirende unsymmetrische Gestalt im Verhältniss der Ober- zur Unterseite von allen anderen Organen, die hier ihre Entstehung finden, unterschieden.

Ueber die Gabelungen der Lycopodien in ihren ersten Anfängen verdanken wir HEGELMEIER in der schon mehrfach angeführten, wichtigen Arbeit[2]) die ersten Aufschlüsse. Sämmtliche Verzweigungen von Lycopodium nehmen ihren Ursprung am Vegetationskegel über der jüngsten Blattanlage, ohne irgend welche Beziehung zur Stellung der Blätter zu haben. Die Wachsthumsrichtung, vor und nach der Verzweigung zum Kriterium gemacht, nöthigt uns mit HEGELMEIER eine doppelte Art derselben anzunehmen: eine dichotomische — die primäre Axe theilt sich in zwei gleiche oder ungleiche Gabeläste mit divergenter Richtung zu einander und zu der bisherigen Axe —, und eine monopodiale — die ursprüngliche Wachsthumsrichtung der Axe wird beibehalten, der junge Spross tritt seitlich an der Axe auf.

Diese Unterscheidung der Verzweigung basirt, wie wir sehen, zunächst nur auf dem äusserlichen Verhalten, und es fragt sich, ob sie auch in dem Verhalten der Histogene eine Stütze findet.

Ueber die Thätigkeit der Initialen beider Histogene während

---

1) Vergl. HEGELMEIER a. a. O. S. 808 ff.
2) a. a. O. S. 821 ff.

der Verzweigung finden wir nun bei Strasburger Auskunft [1]). Derselbe wies sowohl bei L. Selago (mit einer rein dichotomischen) wie auch bei L. annotinum (mit einer nach obiger Ansicht monopodialen Verzweigung) den Beginn dieser Verzweigungen durch seitliche Verbreiterung der Periblem- und Plerom-Initialen nach, mit dem Unterschiede, dass bei L. annotinum diese Vermehrung der Initial-Gruppen sofort einseitig erfolgt, bei L. Selago hingegen gleichmässig nach beiden Seiten in der Gabelungsebene. Somit ist die von Hegelmeier als monopodial aufgefasste Verzweigung von Lycopodium auf den Typus der Dichotomie zurückführbar, und jedenfalls phylogenetisch von einer solchen abzuleiten. Diese Ansicht wird durch L. inundatum bestärkt, bei dem beide genannten Verzweigungsarten vorkommen.

Hegelmeier beschreibt für dieses Lycopodium eine monopodiale Verzweigung, ich habe bei demselben auch die reinste Dichotomie wiederholt beobachtet; manchmal, wenn auch nur selten, erhielt sie sich so auch im späteren Alter der Gabelzweige und war dann auch makroskopisch zu constatiren.

Hierzu kommt aber bei dem gleichen L. inundatum noch ein weiteres Verhalten.

An Exemplaren, die ich ihrer Stammesspitze beraubt hatte, ohne sie zu entwurzeln, und die ich nun weiter cultivirte, sah ich nach einiger Zeit an verschiedenen Stellen zu beiden Seiten des Stammes ziemlich gleichzeitig und in gleicher Grösse Aeste hervortreten. Von diesen Aesten war vorher nichts zu bemerken gewesen, sie machten daher durchaus den Eindruck adventiver Bildungen. Aber auch ihrer Spitze nicht beraubte Stämmchen konnten dieselbe Erscheinung zeigen und eine nähere Untersuchung liess mich eine grosse Zahl solcher Knospen zwischen den Blättern tief versteckt auffinden. Ihr Studium ergab dann Folgendes: Sie werden hoch oben am Scheitel, über der jüngsten Blattanlage angelegt, also gerade so, wie alle anderen Zweige der Lycopodien, doch mit dem Unterschiede, dass sie seitwärts vom Scheitel ohne seitliche Verbreiterung der Initial-Gruppen lediglich dem Periblem ihren Ursprung verdanken. Zu ihrem Studium ist es am besten, Schnitte parallel der Bauchseite durch den Scheitel des Stammes zu führen, da diese Knospen namentlich zu den beiden Seiten desselben angelegt werden.

Aus dem Periblem-Gewebe bildet sich seitlich vom Scheitel

1) Bot. Zeit. 1873 S. 101 ff.

eine Protuberanz unabhängig von der Blattstellung. An ihrer Hervorwölbung betheiligt sich namentlich die unter der äussersten Rindenschicht liegende Periblem-Masse, wodurch sich diese Bildung von den Anlagen der Blätter unterscheidet; sonst ist sie nur wenig stärker als eine Blattanlage, doch regelmässiger abgerundet. Das Innere dieser Neubildung wird alsbald durch longitudinale Theilung der polygonalen Zellmasse zum Plerom und zwar, bevor dies noch bei den nächst älteren Blättern geschieht. Dieses Plerom schliesst sich seitlich an dasjenige des Stammes an und lässt sich von da ab bis in den Scheitel der Neubildung unmittelbar bis unter die äussere Rindenschicht, verfolgen. Die äusseren Rindenzellen am Scheitel dieser „Knospe", denn so könnte man sie wohl nennen, vergrössern sich und werden zu den Periblem-Initialen, während die unter ihnen endenden Zellen des Pleroms, die Plerom-Initialen dieser jungen Anlage darstellen.

Die unter und über der Knospe von der weiterwachsenden Hauptaxe gebildeten Blätter übertreffen dieselbe bald an schnellerem Wachsthum. Die Knospe selbst bildet zwar einige wenige Blatthöcker, oft fehlen auch diese, und auf solcher Entwickelungsstufe bleibt nun der junge Spross von den Blättern der Mutteraxe eingeschlossen ruhen, bis er bei günstiger Gelegenheit hervortreten und sich weiter zum Aste entwickeln kann. Nach eigener Bewurzelung nimmt dann die Stärke des Astes zu und giebt bald anders entstandenen Zweigen an Stärke nichts nach, verhält sich auch im Uebrigen ganz so, wie diese und wie die Mutteraxe.

Wie ausgiebig eine solche Verzweigung ist, konnte ich bei einem nicht zu grossen Exemplare sehen, wo nicht weniger als zehn solcher seitlicher Knospen hervorgetreten waren. Selbst bei scheinbar schon abgestorbenen Stämmchen kamen diese schlummernden Knospen noch zur Entwickelung. Wenn sie entwickelt sind, hat es oft den Schein, als ständen sie in den Achseln der Blätter, allein dies ist nur eine durch die dichte Stellung der Blätter gegebene Täuschung; ihr selbständiges Auftreten am Scheitel ist, wie schon angedeutet, durchaus sicher.

Ich zweifle keinen Augenblick, dass die von Stasburger an Herbarien-Material gefundenen Adventivknospen bei einigen aufrechten Lycopodien: L. aloifolium Wall., verticillatum L., taxifolium Sev. und reflexum Lam. [1]), desselben Ursprungs, wie die beschriebenen Knospen von L. inundatum sind. Der geringere Grad der

1) Bot. Zeit. 1878 S.

Entwickelung, indem man diese Knospe in weiter Entfernung vom Scheitel antrifft, musste auch hier gewiss Jeden, der nicht ihre Entwickelungsgeschichte verfolgen konnte, zu der Strasburger'schen Annahme führen.

Auch im ferneren Verhalten sind diese sonderbaren Sprosse den von Strasburger beschriebenen gleich. Bei beginnender Weiterentwickelung wird auch hier zunächst für ihre Bewurzelung gesorgt, und zwar treten die ersten Wurzeln oft schon aus der Basis der Knospe, unmittelbar an der Mutterpflanze hervor [1]; andere folgen sofort nach. So erlangt diese Knospe, die ich ferner „Pseudo-Adventivknospe" nennen will, durch die frühzeitige starke Bewurzelung eine vollständige Selbständigkeit. Hier findet man Wurzeln von 8 Mm. Länge in kaum messbarer Entfernung von der Spitze; erst später kommen die sonst herrschenden Verhältnisse zur Geltung [2]).

Vielleicht dürften diese Pseudo-Adventivknospen als Uebergänge zur Bulbillen-Bildung anderer Lycopodien [3]) angesehen werden. Sie sind Seitenknospen, wie diese [4]), ferner Organe vegetativer Vermehrung, haben wohl gleiche Entwickelungsgeschichte, auch ertragen sie ohne Schaden eine frühzeitige künstliche Trennung vom Mutterstamme und stehen mit dem bereits abgestorbenen Stamme, an dem sie sich noch entwickeln, in nur mechanischer Verbindung.

Wir haben also bei L. inundatum auch im Verhalten der Histogene zu einander dichotomische und monopodiale Verzweigung, letztere nur vertreten durch die Pseudo-Adventivknospen. Immerhin unterscheiden sich aber diese monopodial angelegten Zweige in Betreff ihres frühen Auftretens am Scheitel vor den jüngsten Blättern, ohne irgend welche Beziehung zu diesen, also in zwei wesentlichen Punkten, von den monopodial angelegten Zweigen der Phanerogamen. —

An die Entstehung der Pseudo-Aventivknospen anknüpfend, komme ich nun zu meiner eigentlichen Aufgabe, der Entwickelung der Wurzel.

---

1) Man hat sich zu hüten, diese scheinbar der Mutterpflanze angehörigen Wurzeln als Beispiele für Ausnahmen der akropetalen Folge ihres Auftretens zu halten.

2) Vergl. dazu das bei Strasburger a. a. O. S. 104 über Adventivknospen Gesagte.

3) Ueber die Bulbillen vergl. Cramer a. a. O. S. 18 ff., Hegelmeier a. a. O. S. 840 ff., Strasburger a. a. O. S. 97 ff.

4) Siche Strasburger a. a. O. S. 99 ff.

Ihre erste Anlage findet die Wurzel, eben so wie die letzterwähnte Verzweigungsart von L. inundatum, seitwärts vom Scheitel oberhalb der jüngsten Blätter[1]) (vergl. Fig. 1, 12 u. 13), ohne dass auch hier irgend welche Beziehung zur Stellung der Blätter bemerkt werden konnte. In seltenen Fällen wird man ihre Entstehung erst ein wenig später gewahr (Fig. 2), wodurch aber keineswegs ihre frühere Anlage im Gewebe vor der jüngsten Blattanlage ausgeschlossen ist.

Die Beobachtung der ersten Theilungsvorgänge im Periblem, welchen die Wurzel ihre Entstehung verdankt, ist mit vielen Schwierigkeiten verbunden. Es lässt sich nämlich nicht mit Sicherheit jede ergiebigere Erweiterung des Periblems an der betreffenden Stammseite in solchem Sinne deuten. Anderweitige Unregelmässigkeiten in der Entwickelung der Rinde sind eben nicht selten, und die Gestalt des Stammscheitels selbst ist oft wechselnd. Einen Unterschied in der Vermehrung der Periblem-Masse, gegen die von Hegelmaier[2]) als normal beschriebene Art lässt sich mit Ausnahme zufälliger Unregelmässigkeiten in solchen Fällen auch nicht finden.

Zur Anlage der Wurzel vermehrt sich nun aber das von den Periblem-Initialen herstammende meristematische Gewebe zunächst in wenig gesetzmässiger Ordnung, vornehmlich durch tangentiale Theilung in centrifugaler Richtung und wölbt so seitlich einen durch seine Breite sofort als Wurzelanlage gekennzeichneten Gewebehöcker hervor, der eine sehr schwach convexe, über die Umgebung wenig hervortretende Oberfläche zeigt.

Die unmittelbar an das Plerom angrenzende Periblem-Zellgruppe, central an der Basis dieser Anlage liegend, zeichnet sich alsbald durch ihre, von der Axe des Stammes divergente Wachsthumsrichtung gegen sonstige Wachsthumsvorgänge in der Rinde aus. Diese Gruppe bildet das Urplerom der neuen Wurzel und zeigt nur geringe Höhe. Zu den Seiten und über dem Scheitel desselben bilden sich nun durch regelrechte concentrische Theilungen die anderen Histogene aus (Fig. 1). Eine scharfe Grenze zwischen denselben tritt aber erst später hervor. Während sich so die Wurzel rasch entwickelt, zeigt zur gleichen Zeit der Scheitel des Stammes ein nur wenig energisches Wachsthum, bildet momentan

---

1) Siehe auch für die Wurzelträger bei Selaginella: Nägeli und Leitgeb a. a. O. S. 125.

2) a. a. O. S. 805.

nur spärlich Blätter und erleidet gleichzeitig eine schwache Aufwärtskrümmung.

Die so beschriebene Anlage der Wurzel schreitet von innen nach aussen fort, und auch die Histogene werden schliesslich von innen nach aussen differenzirt, umgekehrt also, wie die Wurzel höherer Pflanzen, die von aussen nach innen ihre Gewebe aussondern [1]).

Noch bevor die am Scheitel sich hervorwölbende Wurzelprotuberanz ihre endgiltige Stärke erreicht hat, tritt der volle Charakter ihres inneren Gewebes, des Pleroms, durch das Auftreten von longitudinaler Theilung des anfangs polygonalen Zellgewebes zu deutlicher Erscheinung. Dieses Plerom setzt sich mit breiter Basis an das des Stammes an und reicht andererseits bis etwa zur mittleren Höhe der jungen Anlage, ein Merkmal, das dieses Gebilde sofort von jeder Zweiganlage auf gleichem Entwickelungsstadium unterscheidet. Da, wo das Plerom der Wurzel und das des Stammes aneinander grenzen, und zwar an der dem Stammscheitel zugekehrten Seite, trifft man oft Pleromzellen mit doppelter Wachsthumsrichtung, mit dem einen Ende in der Richtung des Stammes, dem anderen in der Richtung der Wurzel sich streckend (Fig. 1 *pd*, 3 und 4). Später treten an dieser Stelle meist Grenzzellwände auf, oft unterbleibt auch ihre Bildung, und wir finden hier zuletzt Gefässe von wunderlichen Formen.

Die dem Scheitel des Pleroms zunächst liegenden Meristemschichten bilden sich zu dem Periblem der Wurzelanlage aus und verlieren sich von hier aus in convex-divergenten Reihen in das Rindengewebe des Stammes. Letzteres wird zu den Seiten der Wurzelanlage bald sehr grosszellig und wandelt den Inhalt seiner Zellen zu einer schleimigen Masse um. (Fig. 3 *v*). Auf Entwickelungszuständen wie Fig. 3, 5 u. 6 lässt die Wurzelanlage schon eine deutliche Unterscheidung des Periblems und Pleroms zu, in Fig. 4 u. 7 ist dieselbe noch unmöglich. Es sind nach eingetretener Sonderung gewöhnlich vier Zellreihen, die sich zu den Protoinitialen des Periblems umgestalten (Fig. 3, 5 u. 6). Der eigenartige Wachsthumstypus jedes dieser angeführten Gewebe und die dadurch bedingte bessere Sonderung giebt sich oft erst bei beginnendem Spitzenwachsthum der Wurzel zu erkennen (Fig. 8).

---

1) Siehe Reinke, Untersuchungen über Wachsthumsgeschichte und Morphologie der Phanerogamen-Wurzel. Hanstein's Bot. Abh. III. Heft. Bonn 1871.

Höchst interessant ist es nun, zu verfolgen, wie sich das Dermatogen der Wurzel aus dem Rindengewebe des Stammes herausbildet. Die Vorbereitungen zu dessen Differenzirung lassen sich gleich denen zur Differenzirung des Periblems in den frühzeitig eintretenden Verschiedenheiten des Wachsthums beider Gewebe erkennen. Die schon vollendete Sonderung des Dermatogens zeigt namentlich Fig. 3 sehr schön. Sie tritt an den Objecten deutlicher hervor, als es sich in der Zeichnung ohne Schattirung der betreffenden Zellen zeigen lässt. Von dem Periblem unterscheidet sich das Dermatogen durch die Grösse seiner Zellen, die, zu einer einfachen continuirlichen Schicht geordnet, den jungen Scheitel ziemlich horizontal überspannen, und den dichteren protoplasmatischen Inhalt derselben. Eben dieser Protoplasmareichthum und die Anordnung unterscheiden das Dermatogen schon auf den ersten Blick auch von dem über ihm liegenden Rindengewebe des Stammes. Auf glücklich geführten Schnitten von oben gesehen überspannt diese Ur- oder Protodermatogenschicht den Scheitel der Wurzelanlage in Form einer kreisrunden Scheibe mit abwärtsgebogenem Rande, wobei zu bemerken, dass die senkrecht zum Gesichtsfelde gestellten Zellenwände keine regelmässige Stellung zum Centrum der Scheibe haben. Mit der Sonderung dieser Protodermatogenschicht hat die Differenzirung der Wurzelgewebe ihren Abschluss erreicht. Ungefähr drei bis fünf Rindenschichten des Stammes trennen es von dessen Peripherie.

Doch nicht immer tritt die gesonderte Dermatogenschicht so früh in so correcter Weise auf. Sie hat sich herauszubilden aus Zellreihen, die oft nicht eben continuirlich sind; es entstehen mannigfache Schwankungen der Bilder, wie sie unter anderen durch Fig. 4—7 veranschaulicht werden sollen. Die Dermatogenreihe habe ich stets so weit schattirt, als sie durch ihren dichteren Inhalt als solche zu erkennen war. In Fig. 4 schliesst dieselbe sogar in zwei Reihen ab, und es könnte zunächst noch fraglich sein, welche von beiden zur Dermatogenschicht wird. Das zeigt sich aus dem späteren Spitzenwachsthum der Wurzelanlage, und zwar sieht man dann die untere zweier solcher Schichten zum Dermatogen werden, während die andere das Schicksal der Kappenzellen theilt.

Die den jungen Wurzelscheitel umgebenden Rindenschichten des Stammes verhalten sich verschieden. Während die an das Wurzel-Dermatogen angrenzenden Schichten die primäre Wurzelhaube bilden, und die Epidermis des Stammes durch radiale Thei-

lung sich erweitert, gehen die dazwischen liegenden Schichten einige unregelmässige Theilungen ein, dehnen sich aus und verschleimen bald (Fig. 3 *o*).

Die junge Wurzel erreicht ihre volle Differenzirung schon in sehr geringer Entfernung vom Scheitel (Fig. 3 zeigt dieselbe in 0,45 Mm., Fig. 5—7 in ungefähr derselben Scheitelferne) unter der jüngsten Blattanlage.

Durch die sofortige Ausbildung der vier Histogene ist aber eine Scheitelzelle von Anfang an eliminirt. Diese Annahme konnte überhaupt nur bei einem so ungünstigen Objecte wie Lycopodium clavatum bei Nägeli und Leitgeb aufkommen. Auch Reinke's Annahme einer eventuellen Scheitelzelle in erster Jugend der Wurzel ist hiermit beseitigt und die Annahme einer solchen an der ersten Wurzel der Embryonen unwahrscheinlich gemacht, unwahrscheinlich auch durch den Vergleich mit Isoëtes, wie wir bald sehen sollen.

Das Wachsthum der Wurzel durch eine Gruppe gleichwerthiger Zellen im Scheitel derselben, welche von einem allgemeinen Bildungsgesetze beherrscht werden sollen, wie Reinke es angiebt, gilt nur, wenn man will, für die allerjugendlichsten Zustände der Wurzel, wenn dieselbe nur aus periblematischem Meristem mit noch einheitlichem Wachsthums-Typus besteht, gilt aber dann auch in derselben Weise für die gleichen Entwickelungszustände der Pseudo-Adventivknospen, wie der Blätter.

Die Entstehung der Wurzel von L. inundatum am Scheitel des Stammes könnte vielleicht für die Deutung des morphologischen Werthes der Wurzel überhaupt von Wichtigkeit sein. Merkwürdig ist es gewiss, dass hier die Wurzeln so hoch am Stammscheitel über den jüngsten Blattanlagen angelegt werden. Sie erinnern in der Art ihrer Anlage an die Pseudo-Adventivknospen und könnten vielleicht gleichen morphologischen Ursprungs mit ihnen sein. Vielleicht sind auch beide aus echten Gabelzweigen hervorgegangen, freilich würde für dieses nur noch ihre Anlage so hoch am Scheitel über aller Blattanlage sprechen und auch weiter der Umstand, dass Wurzeln wie Stämme in gleich charakteristischer Weise dichotomische Verzweigung zeigen. — Da aber bei anderen Lycopodien-Arten die Anlage der Wurzel tiefer, unter den jüngsten Blättern, auftritt, (wie dieses auch bei L. inundatum wenn auch seltener vorkommt), so könnte auch letztere Entstehungsart als die ursprüngliche, die von L. inundatum, hoch am Scheitel,

dagegen als eine abgeleitete, durch Verschiebung entstandene, aufgefasst werden.

Ob also die Wurzeln der Lycopodien aus den Stämmen, zu denen sie eine so grosse Verwandtschaft zeigen, hier erst unabhängig entstanden, oder doch aus den Wurzeln anderer höherer Kryptogamen hervorgingen, ist schwer zu sagen. Die Frage über ihren Ursprung bleibt durchaus noch offen.

Ueber das Wachsthum der Wurzel.

Erste Bildung der Wurzelhaube durch das Dermatogen. Die Kalyptrogenschicht. Das Dermatogen und das Intercalarwachsthum. Das Wachsthum der übrigen Gewebe.

Kehren wir nun zu der in ihre Histogene differenzirten Wurzelanlage zurück. Nach der Sonderung ihrer Gewebe beginnt alsbald die Thätigkeit ihrer Initial-Gruppen, deren Resultate die Hervorwölbung des ursprünglich flachen Scheitels, ihre weitere Streckung und Durchbrechung des sie umgebenden Rindengewebes sind (siehe Fig. 12—14).

Doch bevor dieses geschieht, haben wir vorher das Verhalten des Dermatogens näher zu studiren. Fig. 3 mag als Ausgangspunkt der Betrachtung dienen. Die Tangentialwand, die in der einen mittleren Zelle des Dermatogens zu sehen ist, bildet den Anfang von Theilungen, die in gleicher Weise die ganze Dermatogenzellschicht durchsetzen sollen. Die nach aussen abgegebene Zellreihe ersetzt alsbald die durch das Rindengewebe des Stammes gebildete primäre Wurzelhaube und vermehrt die Zahl ihrer Zellen durch tangentiale und radiale Theilung, wie dies bei den Metaspermen bekannt ist; nur treten die Theilungen hier in unregelmässiger Weise auf. Die über dem Dermatogen liegende Schicht der Wurzelhaube in Fig. 8 ist schon als eine diesen Theilungen entstammende anzusehen. Fig. 4 zeigt das Dermatogen in weiterer tangentialer Theilung. Aber nicht immer geschieht die Regeneration der Wurzelhaube durch das Dermatogen in dieser Regelmässigkeit. In Fig. 5 sieht man die tangentiale Theilung des Dermatogens die vom Stammscheitel abwärts gekehrte Seite der Anlage bevorzugen; in anderen Fällen, wie in Fig. 7, theilten sich nur die mittelsten Zellen des Dermatogens in dieser Weise. Es können sogar die tangentialen Theilungen in dem erst theilweise gesonderten Dermatogen beginnen. Dieses Alles veranlasst oft

sehr unregelmässige Bilder, vermehrt noch durch die Unregelmässigkeiten, die beim Entstehen des Dermatogens selbst sich geltend machen. Nie jedoch sah ich, dass von der Epidermis der Wurzel dem Periblem Zellen abgegeben würden.

Die Regeneration der Wurzelhaube durch tangentiale Theilung des Dermatogens tritt bei einer und derselben Wurzel nur einige wenige Male ein. Bei den aus der Rinde hervorgetretenen Wurzeln gelang es mir auf 50 deutliche Präparate nur ein einziges Mal, eine solche tangentiale Theilung zu finden, und zwar nur in einer einzigen Zelle nicht genau über dem Scheitel, an einer aus dem Stammgewebe eben hervorgetretenen Wurzel.

Das Wachsthum der Lycopodium-Wurzeln ist uns durch Nägeli und Leitgeb als ein stark intercalares bekannt, und es liegt auch die Vermuthung nahe, dass die Theilungen im Dermatogen für Abgabe einer Kappenschicht nur höchst selten erfolgen. Allein bei der Dichotomisirung der Wurzel, die gerade an dieser Pflanze entwickelungsgeschichtlich sehr gut zu verfolgen ist, tritt bedeutendes Spitzenwachsthum ein; aber selbst auch hier finden in keinem Falle derartige Theilungen des Dermatogens zur Regeneration der Wurzelhaube mehr statt. Das Dermatogen bedeckt gleichmässig den Scheitel der Wurzel, ähnlich wie dasselbe Gewebe den Stammscheitel bei höheren Pflanzen (siehe Fig. 8, 10 u. 11). Doch zeigt die Wurzelhaube stets eine nicht unansehnliche Grösse, selbst bei ausgewachsenen Wurzeln, trotzdem sie durch Verschleimung ihrer äussersten Schichten peripherisch zerstört wird. Es ist somit geboten, sich nach einem weiteren Bildungsherde für die Wurzelhaube bei älteren Wurzeln umzusehen.

Da macht sich denn bald eine Schicht der Wurzelhaube selbst und zwar diejenige, die unmittelbar dem Dermatogen anliegt (Fig. 8 *kl*), dadurch bemerkbar, dass sie in der Strecke auf dem Scheitel mit besonderem Protoplasma-Reichthum ausgestattet ist, ferner in ihr tangentiale Theilungen in jedem Grade zu sehen sind. Dieselben heben in der Mitte dieser Zellreihe in einer Zelle an und verbreiten sich von hier aus in akrofugaler Folge auf die angrenzenden Zellen dieser Reihe, doch nur in geringer Ausdehnung. Während die Wurzelhaube scheitelwärts abstirbt, findet man sie so über dem Dermatogen in steter Verjüngung durch tangentiale Theilungen, wodurch sie neue Kappenzellen abgiebt, und durch radiale, wodurch sie, ähnlich dem Dermatogen höherer Pflanzen, dem Spitzenwachsthum der ganzen Wurzel folgt. Die einzige tangentiale Dermatogentheilung, die mir in einer älteren Wurzel vor-

gekommen, möchte ich nach alledem als abnormal bezeichnen und die Fortbildung der Wurzelhaube älterer Wurzeln der innersten Haubenschicht, die ich im Weiteren „Kalyptrogenschicht" nennen will, zuschreiben (Fig. 8, 10 u. 11 *kl*). Zwar haben wir auch bei den Metaspermen [1]) derartige Theilungen in der Superdermatogenschicht, doch aber nur vorübergehend, und die fernere ganze Regeneration der Wurzelhaube wird in dieser nicht ausschliesslich localisirt, sondern sie wird stets von einer vom Dermatogen nachgebildeten Schicht abgelöst. Die Zellencomplexe, die von der hier als Kalyptrogen bezeichneten Schicht abgegeben werden, erleiden weiter einige tangentiale und radiale Theilungen; sie wachsen über dem Scheitel oft zu bedeutender Länge aus, verschleimen und sterben bald ab. Zur Bildung einer hervortretenden Säule der Wurzelhaube kommt es hier nicht (Fig. 8, 10 u. 11) [2]).

Das Kalyptrogen selbst hat seine ursprüngliche Entstehung, wie entwickelungsgeschichtlich nachgewiesen, aus dem Dermatogen genommen (Fig. 3, 4, 5 u. 7), erhielt hier aber, wie aus dem oben Gesagten hervorgeht, eine merkwürdige Selbständigkeit. Die auf Fig. 8 durch die Bezeichnung *a* hervorgehobenen Zellen, die der Schicht, der sie angehören, das Ansehen geben, als sei sie aus dem Dermatogen entstanden, haben, wie entwickelungsgeschichtlich festzustellen ist, nur durch nachträgliche, intercalare Streckung diese Gestalt erhalten.

Ein analoger Fall der einmaligen Bildung der Wurzelhaube ist uns durch Strasburger für Azolla bekannt [3]). Von der dreiflächig zugespitzten Scheitelzelle der Wurzel wird nur auf sehr jungem Entwickelungszustande eine einzige Kappenzelle abgegeben. Diese theilt sich nur einmal tangential, doch wiederholt radial, und bildet so zwei Haubenschichten, die aber nicht weiter vermehrt werden und während des ganzen, nur relativ kurzen Lebens der Wurzel sie völlig umkleiden. Jede weitere Regeneration der Wurzelhaube aus der Scheitelzelle unterbleibt, obwohl der Aufbau des Wurzelkörpers in sonst gewöhnlicher Weise fortschreitet.

1) Vergl. Reinke a. a. O. S. 19.

2) Nachträgliche Anmerkung. Während des Druckes dieser Arbeit erschien die Abhandlung von Fleischer (Flora, 1874 Nr. 24 ff.). Aus dieser geht hervor, dass einige Juncaceenwurzeln ganz den nämlichen Wachsthumsmodus, wie den hier für Lycopodium geschilderten, besitzen. Dasselbe gilt auch für die Gramineenwurzeln, wie ich nach eigener Untersuchung, entgegen Janczewski (Bot. Zeit. 1874 Nr. 8, zweiter Typus) behaupten kann.

3) Ueber Azolla. Jena 1873 S. 46 ff.

Wirklich an Lycopodium scheinen die Verhältnisse bei den Adventivwurzeln von Hydrocharis morsus ranae und den Faserwurzeln von Pistia Stratiotes, nach den Untersuchungen von JANCZEWSKI [1]) zu urtheilen, anzuschliessen. JANCZEWSKI rechnet sie zu seinem ersten Wurzel-Typus und sagt hierüber: „In der Spitze einer entwickelten Wurzel sind vier von einander unabhängige primäre Gewebe vorhanden: Haube, Epidermis (Dermatogen), Rinde (Periblem) und Centralcylinder (Plerom). Die Wurzelhaube wird nicht regenerirt, sondern, wenn das Spitzenwachsthum der Wurzel aufhört, vollständig abgeworfen." Damit ist nicht ausgeschlossen, ja vielleicht wahrscheinlich, dass in jugendlichem Zustande die Wurzelhaube von dem Dermatogen aus abgegeben wird; doch wird hierüber die Entwickelungsgeschichte erst endgiltig zu entscheiden haben. Auch dürfte vielleicht ein ähnliches isolirtes Weiterwachsthum der Wurzelhaube, wie bei Lycopodium, hier nicht ganz ausgeschlossen sein.

Nach der Anlage der Wurzelhaube durch das Dermatogen zeigt letzteres ein recht passives Verhalten während des ganzen ferneren Lebens der Wurzel. Diesem Verhalten verdankt es hier wohl auch vor Allem seine auffallende Stärke und die Höhe seiner Zellen; daher tritt es auch so deutlich über dem ganzen Scheitel der Wurzel hervor, viel deutlicher, als es selbst bei den Metaspermen der Fall ist. Es vermehrt sich nur durch radiale Theilungen, die über dem Scheitel spärlich, aber in der demselben angrenzenden Zone der Wurzelspitze in so schneller Hintereinanderfolge auftreten, dass drei, ja vier derartige Theilungen in einer Zelle, die noch durch ihre äussere Contour als Mutterzelle dieser 4 und 5 Tochterzellen gekennzeichnet ist, zu beobachten sind (Fig. 8, 10 u. 11). Von dieser Zone noch weiter scheitelwärts erfolgt die Streckung dieser Zellen zu bedeutender Länge. Dieselbe beginnt allmählich, nimmt weiter zu, verringert sich wieder, bis die Zellen ihre möglichste Länge erreicht haben und in diesem Zustande während der ganzen Existenz der Wurzel verharren.

Wir können also in diesem Wachsthum des Dermatogens drei unterschiedliche Zonen in akrofugaler Ordnung bemerken: Die erste oder die Theilungszone des Dermatogens, die Zone der Einschaltung vieler radialer Theilungswände. Sie tritt bei allen

1) Bot. Zeit. 1874 Nr. 8. Vergl. auch nachträgliche Anmerkung auf vorhergehender Seite.

in lebhaftem Wachsthum begriffenen Objecten sehr deutlich hervor (vergl. Fig. 8, 10 u. 11).

Die folgende ist die Streckungszone der Epidermis. In ihr dehnen sich nur die in der vorherigen Zone entstandenen Zellen aus, ohne weitere radiale Theilung zu erleiden. In der Mitte dieser Zone ist die Ausdehnung am ergiebigsten. Sie tritt nach und nach auf, erlischt ebenso in der Richtung der letzten Zone. Gleichzeitig fällt in diese zweite Zone die Entwickelung der Trichome. Auf den Figuren 8, 10 u. 11 ist nur der Anfang dieser Zone gegeben. (Siehe auch Fig. 9.)

Die letzte, die Ruhezone, zeigt die Epidermis in einem bereits stabilisirten Zustande.

Aus der Vergleichung der Zelllängen der ersten und dritten Zone ist es ein Leichtes, sich ein Bild von der ergiebigen Ausdehnung der Epidermiszellen innerhalb der zweiten Zone oder der Grösse des intercalaren Wachsthums zu machen[1]). Bei L. inundatum wird übrigens nur die Hälfte der in der Theilungszone producirten Epidermis in der Folge gedehnt, die übrige Hälfte bleibt kurz und bildet sich zu Trichomen um, und zwar wechselt constant eine kurze Trichom-Zelle mit einer langen trichomlosen ab (Fig. 9).

Um ein ungefähres Bild von der Stärke des intercalaren Wachsthums bei L. inundatum zu bekommen, ist es hier also nöthig, zwei Zellen der ersten mit ebenso vielen der letzten Zone zu vergleichen. Ich führte zu diesem Zwecke bei verschiedenen, eben erst aus dem Stamme hervorgetretenen Wurzeln verschiedene Messungen aus und gewann als mittlere Grösse zweier solcher Zellen in der ersten Zone: 0,016 Mm., dagegen zweier entsprechender Zellen der letzten Zone: 0,2 Mm.

$$(0{,}016 : 0{,}2 = 1 : x;\ x = 12^1/_2).$$

Es verhielt sich also die definitive Grösse der Zellen nach der Streckung an der Grösse derselben während der Theilung annähernd, wie $12^1/_2 : 1$, oder das Spitzenwachsthum zum intercalaren

---

1) Es sei hier gestattet, das bis dahin Bekannte über das Intercalar-Wachsthum der Lycopodienwurzel anzuführen. Es besteht nur aus ein paar Bemerkungen von Nägeli u. Leitgeb a. a. O. S. 122. Die Verfasser behaupten, dass das ganze Längenwachsthum der Wurzel fast ausschliesslich ein intercalares ist, und namentlich durch lebhafte Zellvermehrung in den Segmenten der vermeinten Scheitelzelle stattfindet.

Hegelmaier a. a. O. S. 808 stimmt diesen Autoren darin bei, dass die Grösse dieses Wachsthumes „in der dem Scheitel nächsten Region ein sehr ergiebiges sei."

Wachsthum, wie 1 : $12^1/_2$. Da nun die ungefähre Länge der Wurzel von L. inundatum $2^1/_2$ Cm. oder 25 Mm. beträgt, so werden also nur 2 Mm. dieser auf dem Wege der Zelltheilung, d. h., des Spitzenwachsthums im engeren Sinne, der Rest durch nachherige Streckung erreicht.

Weil nun ferner die mittlere Länge zweier Zellen der ersten Zone: 0,016 Mm., also der einen: 0,008 Mm. beträgt, so dürften durch Theilung, also durch Spitzenwachsthum, (2 : 0,008 Mm.) etwa 250 solcher Zellen entstanden sein. Diese Production vertheilt sich auf die ganze Wachsthumsdauer der Wurzel und zwar so, dass sie bei der Entwickelung der dichotomischen Gabeläste am ergiebigsten ist (Vergl. Fig. 10 und 11 mit 8).

Die erste Anlage einer Dichotomie bis zur Differenzirung der beiden Gabeläste erfordert, wie ich annähernd berechnen konnte, jedes Mal gegen 50 Theilungen. Die Wurzel gabelt sich hier aber gewöhnlich zwei Mal[1]); macht also 100 Theilungen und bleiben 150 für das übrige Spitzenwachsthum, von denen etwa noch 50 Zellen, als der ersten Differenzirung und Hervorbildung der Wurzel innerhalb der Stammrinde angehörend, abzuzählen wären.

Bei denjenigen Lycopodien, bei denen die Wurzelhaare nur aus Zellsegmenten, die durch schiefe Wände abgeschnitten werden, hervorgehen, wie dies Nägeli und Leitgeb[2]) für L. clavatum und Strasburger[3]) für L. Selago dargethan haben, dürfte das Intercalarwachsthum bedeutend ergiebiger sein, und zwar den hier bekannten Verhältnissen gemäss doppelt so gross als bei L. inundatum. Bei letzterem erfolgen übrigens in den Dermatogenzellen auch Längstheilungen, parallel der Längsaxe der Wurzel; sie bilden dann die Haargruppen, die wie die genannten Theilungen nur auf Flächenschnitten der Epidermis zu sehen sind[4]).

Das Periblem läuft, wie sich dies auf Längsschnitten zur Anschauung bringen lässt, in continuirlichen Reihen über den Scheitel des Pleroms (Fig. 8). Diese Reihen vermehren sich akrofugal nur wenig; die Vervielfachung beschränkt sich auch nur auf die dem Plerom nächsten Schichten. Die Verfolgung dieser innersten Schichten über den Scheitel des Pleroms bereitet oft einige Schwie-

1) Wurzeln mit zahlreicherer Dichotomie haben auch eine grössere Länge, als angegeben.

2) a. a. O. S. 124.

3) Conif. u. Gnet. S. 356.

4) Siehe Nägeli und Leitgeb Taf. XVII Fig. 9.

rigkeiten; doch genaueres Studium durch die Scheitelmitte geführter Schnitte lässt die Sonderung des Periblems von dem Plerom sicher feststellen (Fig. 8, 10 u. 11), und es tritt dieselbe schon an ganz jungen Wurzeln, selbst solchen mit noch ungewölbtem Scheitel, deutlich hervor[1]) (Fig. 3, 5, 6).

Die Zahl der Periblem-Initialreihen über dem Scheitel des Pleroms ist hier selten mehr als vier (Fig. 3, 5, 6, 8, 10, 11). Dieselben theilen sich nur durch senkrecht zur Oberfläche stehende Wände.

Die von VAN TIEGHEM so genau beschriebene Pleromscheide (Schutzscheide) der Wurzel[2]) existirt überhaupt nicht.

In Bezug auf ihr intercalares Wachsthum bieten sowohl Periblem als Plerom nur wenig Interesse; sie zeigen Theilungen in allen den drei vorhin für das Epidermiswachsthum unterschiedenen Zonen. Also von besonders markirtem unterschiedlichem Verhalten der Gewebe in verschiedenen Entfernungen vom Scheitel ist hier nichts zu sehen, wenn auch hier unmittelbar unter dem Scheitel die meisten Theilungen stattfinden.

Das Plerom wächst hier ebenfalls ganz so wie das der Phanerogamen mit besonderen Initialen (Fig. 3, 5, 6, 8, 10, 11). An das Plerom des Stammes legt es sich schräg mit breiter, stammabwärts vorgezogener Basis an. Dieser schiefwinklige Anschluss wird erst besonders nach vollendetem Wachsthum der angrenzenden Theile beider Organe deutlich (Fig. 12—16). Von der dem Stammscheitel abgewendeten Seite aus erhält das Plerom, wie auch die Blätter, vom Stamme einen starken, aus Schraubengefässen bestehenden Gefässbündelstrang (Fig. 3 u. 4). Von diesen primären Schraubengefässen aus gehen nun die weiteren Differenzirungen zu Gefässen im Umkreise vor sich, von diesen dann endlich die weitere centrifugale Ausbildung des Xylems[3]). Die wenigen, unverändert gebliebenen, peripherischen Zellreihen des Pleroms werden, analog denen anderer Wurzeln, von STRASBURGER als Pericambium gedeutet[4]), das hier aber als solches functionslos ist.

So sahen wir also die Wurzel endogen im Rindengewebe des

1) Siehe auch STRASBURGER für L. Selago a. a. O. S. 356 und Fig. 32 auf Taf. XXV.

2) Ann. d. sc. natur. 5me Série T. XIII p. 84.

3) Das Ausführliche hierüber siehe in der Arbeit von NÄGELI und LEITGEB.

4) a. a. O. S. 357.

Stammes entstehen, anfangs mit drei, aber später mit vier gesonderten, von einander unabhängigen Geweben wachsend. Das die junge Wurzel umschliessende Rindengewebe des Stammes, namentlich die Epidermis desselben, umgiebt noch lange die wachsende Wurzelspitze in Form einer Scheide (Fig. 12—16 *wsch*). Noch während das Wachsthums der jungen Wurzel innerhalb der Wurzelscheide vor sich geht, werden schon eine Menge Wurzelhaare gebildet, die wahrscheinlich aus den verschleimten Zellén des Inneren dieser Rinde der jungen Wurzel die erste Nahrung zuführen, bis die Wurzel die Scheide endlich durchbricht und in die Erde eindringt.

Die Gabelung der Wurzeln.

Die eigentliche ursprüngliche Verzweigungsart der Wurzeln von Lycopodium ist unstreitig die dichotomische[1]); und wo sie anscheinend monopodial auftritt, ist auch sie, wie die des Stammes, auf Dichotomie zurückführbar.

Weil bei L. inundatum die echte Gabelung in besonders regelmässiger Form auftritt, so soll mich im Folgenden nur diese beschäftigen.

Die Gabelung erfolgt hier, wenn die Wurzeln etwa einen Centimeter Länge erreicht und nachdem sie schon längere Zeit im Boden verweilt haben. In diesen gelangen sie nach Durchbruch der Wurzelscheide sofort, da der Stamm meist unmittelbar dem Boden aufliegt, ja halb in diesen eingesenkt ist. Einmal fand ich die Dichotomisirung der Wurzel sogar schon innerhalb ihrer Scheide vor sich gehend. Somit ist der Vorgang der ersten Gabelung selbst wenigstens bei dieser Species von der Bodenberührung unabhängig[2]).

Die Schilderung einer Gabelung bei einem Wachsthum mit gesonderten Histogenen gab für L. Selago zuerst Strasburger[3]). Auch L. inundatum bietet ein gutes Object dieselbe in ihren Einzelheiten zu verfolgen. Die Figuren 10 und 11, bei gleicher Vergrösserung gezeichnet, geben die Entwickelungsgeschichte derselben.

Die Gabelung wird durch das centrale Plerom eingeleitet. Es treten radiale Theilungen in den Initialen desselben auf, und so

---

1) Nägeli und Leitgeb halten es noch für fraglich. Vergl. a. a. O. S. 117, 121 u. 123.

2) Vergl. Nägeli und Leitgeb a. a. O. S. 117.

3) a. a. O. S. 356.

vermehren sie sich seitlich, entsprechend der zukünftigen Dichotomie-Ebene, wobei die ursprüngliche Wachsthumsrichtung sich in zwei divergente Richtungen auflöst. Die die Mitte der so vermehrten Plerom-Initialen einnehmenden Zellen hören auf, Initialen zu sein, und zeichnen sich bald durch ihre Grösse vor den als Initialen verbleibenden aus. Auch unterhalb derselben wird alsbald ein indifferentes Gewebe sichtbar (Fig. 10 u. 11 *c*).

Die über dem Plerom liegenden Histogene scheinen mehr passiv der Gabelung zu folgen, wenigstens möchte man aus dem Verhalten des Gewebes auf eine Spannung derselben innerhalb des Gabelungswinkels schliessen. Der Gabelungswinkel bei L. inundatum beträgt annähernd 70 Grad und ist für ein und dieselbe Species ziemlich constant.

Der erste Einfluss, den das divergente Wachsthum des Pleroms auf das Gewebe der Rinde im Gabelungswinkel ausübt, ist eine seitliche Vermehrung der Initialen derselben durch radiale Wände (Fig. 10). Die mittleren dieser Initialen werden bald ihrer Function verlustig, und nur die seitlichen bleiben noch als besondere Initial-Gruppen thätig. Bei weiterer Streckung der Plerom-Aeste zeigen diese Exinitialen eine Vermehrung ihrer innersten Schichten durch tangentiale Theilungen. Dieselben beginnen in der Mitte und gehen von hier aus akropetal weiter. Körperlich gedacht, haben diese so entstandenen Zellflächen mehr oder weniger die Form von ineinandergeschachtelten Ellipsoiden, die den grössten Durchmesser in der Richtung der Gabelungsebene zeigen. Sie sind desto flacher, je grösser der Gabelungswinkel ist, und umgekehrt. — In den podialen Winkeln der Dichotomie (d. h. denjenigen, die zum gemeinschaftlichen Schenkel das Plerom des Podiums und zu den andern Schenkeln das der Gabeläste besitzen) thut sich eine Erschlaffung des Periblems, in der Richtung der früheren Wachsthumsaxe der Wurzel, in Ausweitung und Vermehrung der Schichten durch tangentiale Theilung kund, was namentlich an Fig. 11 im rechten Podialwinkel (*e*) hervortritt.

Das Dermatogen verhält sich durchaus so, wie die äusserste Periblemreihe, und sein Verhalten ergiebt sich aus der Vergleichung der Figuren 10 und 11 von selbst. Aber gerade hier, bei der Entwickelungsgeschichte der Dichotomie, ist sein Studium besonders lehrreich. Seine Antheillosigkeit an der Regeneration der Wurzelhaube tritt hier besonders deutlich hervor. Nur radiale Theilungen treten in ihm auf und bewirken die seitliche Vermehrung seiner Initialen. Die mittleren verlieren gleichfalls ihren

Werth als Initialen, während die zur Seite abgegebenen zu Initialen der jungen Gabeläste werden.

Auch das Kalyptrogen zeigt ein ähnliches Verhalten. Seine Initialen erleiden gleichfalls wie die des Periblems und Dermatogens durch radiale Theilung eine seitliche Vermehrung in der Ebene der Dichotomie. Ebenso differenziren sich aus dieser Reihe die Kalyptrogen-Inital-Gruppen der beiden Gabeläste, die nur über diesen die tangentiale Theilung zur Regenerirung der Kappenzellen zeigen, und so im Laufe der Entwickelung, nach Abstossung der früher gemeinschaftlichen Haube, die beiden gesonderten Hauben der beiden Gabeläste produciren. Fig. 10 zeigt die erste tangentiale Theilung der eben gesonderten Initial-Gruppen des Kalyptrogens. Die dieselben umgebenden Haubenzellen entstammen noch den gemeinschaftlichen Kalyptrogen-Initialen. Bei Fig. 11 ist die Bildung der differenten Wurzelhauben schon bedeutend vorgeschritten.

Ueber das „Polstergewebe" und über adventive Wurzeln von Lycopodium inundatum.

An der Bauchseite des Stammes von L. inundatum treten an einigen Stellen eigenthümliche Anschwellungen auf. Sie sind mit blossem Auge leicht bemerkbar und unterscheiden sich von dem umgebenden Gewebe durch ihre intensivere gelbe Farbe. Der Anschwellung, namentlich da, wo sie besonders stark auftritt, entspricht fast immer eine concave Krümmung der Rückenseite. Auch scheint die Anschwellung in bestimmter Beziehung zu den Wurzeln zu sein, denn an so angeschwollenen Stellen findet man dieselben häufig oft zu fünf und mehr bei einander. Entweder umgiebt diese Anschwellung mehrere Wurzeln, oder sie befindet sich zwischen denselben, oder endlich auch neben einzelnen Wurzeln (Fig. 15 u. 16).

Der einzelne Stamm zeigt selten mehr wie zwei solcher Stellen, mit denen er dann besonders fest am Boden haftet, so dass er, bei unvorsichtigem Abnehmen der Pflanze vom Boden, stets an solchen Stellen reisst. Die hier entspringenden Wurzeln sind auch besonders lang und von grösserer Lebensdauer. Auch wird an solchen Stellen dem von rückwärts erfolgenden schnellen Absterben des Stammes stets auf längere Zeit Einhalt gethan. Im Hochsommer und auch im Frühjahre findet man diese Erhabenheit sehr häufig an der Basis des noch lebenden Stammtheiles; auch die

Pseudo-Adventivknospen beginnen nicht selten mit der Production solcher Anschwellung, die das Rindengewebe der Bauchseite um das Vielfache ihrer gewöhnlichen Stärke auftreibt (Fig. 16). Durch Bildung solcher Gewebepolster gewinnen diese Knospen sofort eine grössere Selbständigkeit und werden den Bulbillen ähnlicher. Als ich im Frühjahre solche, an ihrer Basis mit dieser Erhabenheit versehene, isolirte Zweige fand, glaubte ich zunächst bei makroskopischer Betrachtung junge Pflänzchen mit Prothallien vor mir zu haben. Namentlich findet man die Anschwellungen häufig an der Bauchseite des Stammes in der Nähe des Ursprungs des einzigen fertilen Astes.

Schnitte durch solche Stellen geführt, lassen im Grundgewebe des Stammes ein von diesem deutlich unterscheidbares, rundlich umschriebenes Gewebe erkennen, das sich näher der Peripherie als dem centralen Pleromcylinder hält. Wir wollen es als „Polstergewebe“ bezeichnen. Nach der Basis des Stammes zu geht es allmählich in das Grundgewebe über, nach den übrigen Seiten ist es aber scharf gegen dasselbe markirt (Fig. 15 u. 16 *p*).

Ueber die Beschaffenheit der Elemente des Polstergewebes selbst ist es nicht ganz leicht, sich klar zu werden. Es hat den Anschein, als lägen die Zellen mit ihren dünnwandigen, stark lichtbrechenden Membranen bald sich berührend, bald völlig frei, in einer homogenen, schleimigen Masse, die im Wasser, namentlich aber in Kalium-Hydroxyd sehr quillt, unregelmässig eingebettet. Die beste Orientirung lassen in Alkohol gelegte Präparate zu. Diese schleimige Masse verdankt der Aufquellung der Mittellamellen der Zellwände ihre Entstehung, ein ganz ähnliches Verhalten, wie es Sachs[1]) für das Gewebe mancher Fucaceen und für das Endosperm von Ceratonia Siliqua angiebt. Die Abbildung des letzteren kann füglich auch zur Veranschaulichung der hier in Frage stehenden Verhältnisse dienen[2]). Mit Chlor-Zink-Jod oder Jod und Schwefelsäure färbt sich die innere Zellschicht dieser Zellen blau, wie die Membranen der Zellen des Grundgewebes. Die verschleimten äusseren Zellhautschichten bleiben dagegen unverändert.

Der Inhalt dieser Zellen ist frei von Stärke, während das umliegenden Grundgewebe, auch die wenigen Zellreihen an der Basis dieser Gewebepolster, dieselbe in grosser Menge zeigen. Ausser

---

1) Lehrbuch der Botanik. IV. Aufl. S. 36.
2) a. a. O. Fig. 39.

Werth als Initialen, während die zur Seite abgegebenen zu Initialen der jungen Gabeläste werden.

Auch das Kalyptrogen zeigt ein ähnliches Verhalten. Seine Initialen erleiden gleichfalls wie die des Periblems und Dermatogens durch radiale Theilung eine seitliche Vermehrung in der Ebene der Dichotomie. Ebenso differenziren sich aus dieser Reihe die Kalyptrogen-Inital-Gruppen der beiden Gabeläste, die nur über diesen die tangentiale Theilung zur Regenerirung der Kappenzellen zeigen, und so im Laufe der Entwickelung, nach Abstossung der früher gemeinschaftlichen Haube, die beiden gesonderten Hauben der beiden Gabeläste produciren. Fig. 10 zeigt die erste tangentiale Theilung der eben gesonderten Initial-Gruppen des Kalyptrogens. Die dieselben umgebenden Haubenzellen entstammen noch den gemeinschaftlichen Kalyptrogen-Initialen. Bei Fig. 11 ist die Bildung der differenten Wurzelhauben schon bedeutend vorgeschritten.

Ueber das „Polstergewebe" und über adventive Wurzeln von Lycopodium inundatum.

An der Bauchseite des Stammes von L. inundatum treten an einigen Stellen eigenthümliche Anschwellungen auf. Sie sind mit blossem Auge leicht bemerkbar und unterscheiden sich von dem umgebenden Gewebe durch ihre intensivere gelbe Farbe. Der Anschwellung, namentlich da, wo sie besonders stark auftritt, entspricht fast immer eine concave Krümmung der Rückenseite. Auch scheint die Anschwellung in bestimmter Beziehung zu den Wurzeln zu sein, denn an so angeschwollenen Stellen findet man dieselben häufig oft zu fünf und mehr bei einander. Entweder umgiebt diese Anschwellung mehrere Wurzeln, oder sie befindet sich zwischen denselben, oder endlich auch neben einzelnen Wurzeln (Fig. 15 u. 16).

Der einzelne Stamm zeigt selten mehr wie zwei solcher Stellen, mit denen er dann besonders fest am Boden haftet, so dass er, bei unvorsichtigem Abnehmen der Pflanze vom Boden, stets an solchen Stellen reisst. Die hier entspringenden Wurzeln sind auch besonders lang und von grösserer Lebensdauer. Auch wird an solchen Stellen dem von rückwärts erfolgenden schnellen Absterben des Stammes stets auf längere Zeit Einhalt gethan. Im Hochsommer und auch im Frühjahre findet man diese Erhabenheit sehr häufig an der Basis des noch lebenden Stammtheiles; auch die

Pseudo-Adventivknospen beginnen nicht selten mit der Production solcher Anschwellung, die das Rindengewebe der Bauchseite um das Vielfache ihrer gewöhnlichen Stärke auftreibt (Fig. 16). Durch Bildung solcher Gewebepolster gewinnen diese Knospen sofort eine grössere Selbständigkeit und werden den Bulbillen ähnlicher. Als ich im Frühjahre solche, an ihrer Basis mit dieser Erhabenheit versehene, isolirte Zweige fand, glaubte ich zunächst bei makroskopischer Betrachtung junge Pflänzchen mit Prothallien vor mir zu haben. Namentlich findet man die Anschwellungen häufig an der Bauchseite des Stammes in der Nähe des Ursprungs des einzigen fertilen Astes.

Schnitte durch solche Stellen geführt, lassen im Grundgewebe des Stammes ein von diesem deutlich unterscheidbares, rundlich umschriebenes Gewebe erkennen, das sich näher der Peripherie als dem centralen Pleromcylinder hält. Wir wollen es als „Polstergewebe“ bezeichnen. Nach der Basis des Stammes zu geht es allmählich in das Grundgewebe über, nach den übrigen Seiten ist es aber scharf gegen dasselbe markirt (Fig. 15 u. 16 *p*).

Ueber die Beschaffenheit der Elemente des Polstergewebes selbst ist es nicht ganz leicht, sich klar zu werden. Es hat den Anschein, als lägen die Zellen mit ihren dünnwandigen, stark lichtbrechenden Membranen bald sich berührend, bald völlig frei, in einer homogenen, schleimigen Masse, die im Wasser, namentlich aber in Kalium-Hydroxyd sehr quillt, unregelmässig eingebettet. Die beste Orientirung lassen in Alkohol gelegte Präparate zu. Diese schleimige Masse verdankt der Aufquellung der Mittellamellen der Zellwände ihre Entstehung, ein ganz ähnliches Verhalten, wie es SACHS[1]) für das Gewebe mancher Fucaceen und für das Endosperm von Ceratonia Siliqua angiebt. Die Abbildung des letzteren kann füglich auch zur Veranschaulichung der hier in Frage stehenden Verhältnisse dienen[2]). Mit Chlor-Zink-Jod oder Jod und Schwefelsäure färbt sich die innere Zellschicht dieser Zellen blau, wie die Membranen der Zellen des Grundgewebes. Die verschleimten äusseren Zellhautschichten bleiben dagegen unverändert.

Der Inhalt dieser Zellen ist frei von Stärke, während das umliegenden Grundgewebe, auch die wenigen Zellreihen an der Basis dieser Gewebepolster, dieselbe in grosser Menge zeigen. Ausser

1) Lehrbuch der Botanik. IV. Aufl. S. 36.
2) a. a. O. Fig. 39.

Werth als Initialen, während die zur Seite abgegebenen zu Initialen der jungen Gabeläste werden.

Auch das Kalyptrogen zeigt ein ähnliches Verhalten. Seine Initialen erleiden gleichfalls wie die des Periblems und Dermatogens durch radiale Theilung eine seitliche Vermehrung in der Ebene der Dichotomie. Ebenso differenziren sich aus dieser Reihe die Kalyptrogen-Inital-Gruppen der beiden Gabeläste, die nur über diesen die tangentiale Theilung zur Regenerirung der Kappenzellen zeigen, und so im Laufe der Entwickelung, nach Abstossung der früher gemeinschaftlichen Haube, die beiden gesonderten Hauben der beiden Gabeläste produciren. Fig. 10 zeigt die erste tangentiale Theilung der eben gesonderten Initial-Gruppen des Kalyptrogens. Die dieselben umgebenden Haubenzellen entstammen noch den gemeinschaftlichen Kalyptrogen-Initialen. Bei Fig. 11 ist die Bildung der differenten Wurzelhauben schon bedeutend vorgeschritten.

Ueber das „Polstergewebe“ und über adventive Wurzeln von Lycopodium inundatum.

An der Bauchseite des Stammes von L. inundatum treten an einigen Stellen eigenthümliche Anschwellungen auf. Sie sind mit blossem Auge leicht bemerkbar und unterscheiden sich von dem umgebenden Gewebe durch ihre intensivere gelbe Farbe. Der Anschwellung, namentlich da, wo sie besonders stark auftritt, entspricht fast immer eine concave Krümmung der Rückenseite. Auch scheint die Anschwellung in bestimmter Beziehung zu den Wurzeln zu sein, denn an so angeschwollenen Stellen findet man dieselben häufig oft zu fünf und mehr bei einander. Entweder umgiebt diese Anschwellung mehrere Wurzeln, oder sie befindet sich zwischen denselben, oder endlich auch neben einzelnen Wurzeln (Fig. 15 u. 16).

Der einzelne Stamm zeigt selten mehr wie zwei solcher Stellen, mit denen er dann besonders fest am Boden haftet, so dass er, bei unvorsichtigem Abnehmen der Pflanze vom Boden, stets an solchen Stellen reisst. Die hier entspringenden Wurzeln sind auch besonders lang und von grösserer Lebensdauer. Auch wird an solchen Stellen dem von rückwärts erfolgenden schnellen Absterben des Stammes stets auf längere Zeit Einhalt gethan. Im Hochsommer und auch im Frühjahre findet man diese Erhabenheit sehr häufig an der Basis des noch lebenden Stammtheiles; auch die

Pseudo-Adventivknospen beginnen nicht selten mit der Production solcher Anschwellung, die das Rindengewebe der Bauchseite um das Vielfache ihrer gewöhnlichen Stärke auftreibt (Fig. 16). Durch Bildung solcher Gewebepolster gewinnen diese Knospen sofort eine grössere Selbständigkeit und werden den Bulbillen ähnlicher. Als ich im Frühjahre solche, an ihrer Basis mit dieser Erhabenheit versehene, isolirte Zweige fand, glaubte ich zunächst bei makroskopischer Betrachtung junge Pflänzchen mit Prothallien vor mir zu haben. Namentlich findet man die Anschwellungen häufig an der Bauchseite des Stammes in der Nähe des Ursprungs des einzigen fertilen Astes.

Schnitte durch solche Stellen geführt, lassen im Grundgewebe des Stammes ein von diesem deutlich unterscheidbares, rundlich umschriebenes Gewebe erkennen, das sich näher der Peripherie als dem centralen Pleromcylinder hält. Wir wollen es als „Polstergewebe" bezeichnen. Nach der Basis des Stammes zu geht es allmählich in das Grundgewebe über, nach den übrigen Seiten ist es aber scharf gegen dasselbe markirt (Fig. 15 u. 16 *p*).

Ueber die Beschaffenheit der Elemente des Polstergewebes selbst ist es nicht ganz leicht, sich klar zu werden. Es hat den Anschein, als lägen die Zellen mit ihren dünnwandigen, stark lichtbrechenden Membranen bald sich berührend, bald völlig frei, in einer homogenen, schleimigen Masse, die im Wasser, namentlich aber in Kalium-Hydroxyd sehr quillt, unregelmässig eingebettet. Die beste Orientirung lassen in Alkohol gelegte Präparate zu. Diese schleimige Masse verdankt der Aufquellung der Mittellamellen der Zellwände ihre Entstehung, ein ganz ähnliches Verhalten, wie es Sachs[1]) für das Gewebe mancher Fucaceen und für das Endosperm von Ceratonia Siliqua angiebt. Die Abbildung des letzteren kann füglich auch zur Veranschaulichung der hier in Frage stehenden Verhältnisse dienen[2]). Mit Chlor-Zink-Jod oder Jod und Schwefelsäure färbt sich die innere Zellschicht dieser Zellen blau, wie die Membranen der Zellen des Grundgewebes. Die verschleimten äusseren Zellhautschichten bleiben dagegen unverändert.

Der Inhalt dieser Zellen ist frei von Stärke, während das umliegenden Grundgewebe, auch die wenigen Zellreihen an der Basis dieser Gewebepolster, dieselbe in grosser Menge zeigen. Ausser

1) Lehrbuch der Botanik. IV. Aufl. S. 36.
2) a. a. O. Fig. 39.

um das Plerom liegende Periblemreihen, die Initialen des Periblems, die in fernerem Wachsthum der äusseren und inneren Rinde gesondert ihren Ursprung geben. Mit dem Gewebe des Fusses stehen sowohl Dermatogen als Periblem seitwärts in continuirlicher Verbindung; eine scharfe Grenze ist nicht vorhanden, und man kann, wenn man diese Zellenreihen bis zu dem Kotyledon verfolgt, sich wirklich nicht des Eindrucks erwehren, dass der Fuss nur eine Anschwellung der Axe, aus der Volumzunahme und Theilung einzelner Zellen derselben hervorgegangen, aber kein besonderes Organ an derselben sei.

Das Plerom wächst im wahrsten Sinne des Worts mit einer Scheitelzelle. Es gipfelt in einer nach oben sphärischen oder auch polygonalen Zelle, die nach unten mit breiter Basis den von ihr abzuleitenden Pleromzellen aufsitzt. Das Plerom zieht sich bis unter den Scheitel des Stammes, an welcher Stelle sich das Procambium des Keimblattes, einen Bogen hinter der Ligula beschreibend, zu ihm gesellt. Wie weit dieses Wurzelplerom schon wirklich aus seiner Initialzelle entstanden ist, kann ich nicht sagen. — Dieses Plerom der ersten Wurzel ist hier von besonderem Interesse, weil es das einzige axile Plerom dieser Pflanze ist. Es gehört in seinem ganzen Verlauf der Wurzel an, und wo es aufhört, beginnt der hier nur zwei Zellen hohe Stamm der Pflanze, welcher es nie zur Differenzirung eigener gesonderter Gewebe bringt. Auch alle an diese Stelle, dem Ende des Wurzelpleroms, zusammentretenden Gefässstränge sind wenigstens in der Jugend der Pflanze blatt- und wurzeleigene.

So folgt also die erste Wurzel schon im Beginne ihres Wachsthums einem ganz phanerogamen Typus; sie zeigt ein Wachsthum mit drei gesonderten Histogenen. Bedeutend verschieden ist sie hingegegen sowohl in ihrem morphologischem Werthe, als auch in ihrem histologischem Verhalten von der ersten Wurzel von Selaginella [1]).

Ganz abweichend wird bei Hofmeister die Entstehung der ersten Wurzel von Isoëtes abgebildet und beschrieben. Er sagt [2]): „Ihre Entwickelung hebt an mit der Vermehrung einer Zelle des inneren Gewebes des Embryo", einer Zelle, welche durch eine Zellschicht von der Oberfläche des Keimes getrennt und der Anfangszelle des ersten Wedels gegenüber liegt. Diese Zelle von

1) Siehe darüber Pfeffer a. a. O. S. 41.
2) a. a. O. S. 186 ff.

eigenthümlicher Form, Hofmeister's Scheitelzelle, giebt allen Geweben der Wurzel in der oben angeführten Weise ihre Entstehung. Hofmeister hält also eine unter dem Scheitel liegende Initialzelle der äussersten Periblemreihe für die Scheitelzelle der Wurzel. Allerdings tritt oft eine solche Zelle durch besondere Grösse hervor, kann aber, wie wir gesehen haben, die von Hofmeister vindicirte Rolle durchaus nicht beanspruchen.

Auf späteren Zuständen, als dem durch Fig. 17 illustrirten, ist das Spitzenwachsthum der Wurzel wenig mehr ergiebig. Die weitere Ausbildung in die Länge ist zum grössten Theile Resultat des nun beginnenden, sehr starken intercalaren Wachsthums, von dessen Stärke man sich leicht ein Bild machen kann, wenn man die Dermatogenzellen dieser Anlage mit denjenigen der ausgewachsenen, ziemlich einen Cm. messenden Wurzel vergleicht.

Fig. 18 zeigt ein etwas späteres Entwickelungsstadium. Am Scheitel ist wenig Veränderung zu bemerken. Das Kalyptro-Dermatogen steht im Begriff, eine weitere Zellschicht der ersten Kappenreihe durch Theilung beizufügen. Auf dieser Stärke bleibt dann die Wurzelhaube der ersten Wurzel stehen; selten tritt noch eine Kappenschicht hinzu. Alle aber bleiben einschichtig und vermehren sich nicht weiter. — Auffallend ist bei der sonst ziemlich symmetrisch entwickelten Wurzel der unsymmetrisch-akrofugale Verlauf der tangentialen Theilung der Kalyptro-Dermatogenschicht.

Das Periblem zeigt abwärts von seinen Initialen Spaltungen sowohl der äusseren als auch der inneren Rindenreihen. — Die Art und Weise, wie die einzige Plerom-Initiale sich verhält, ist sehr einfach. Sie schneidet durch Querwände von ihrer Basis Segmente ab, die dem inneren Gewebe zu Gute kommen, und im weiteren Verlauf durch Längs- und Querwände sich weiter theilen und so den centralen, nur schwachen Pleromkörper aufbauen. In manchen Fällen scheint es auch, als könne diese Initiale sich nach Art einer zweischneidigen Scheitelzelle theilen (Fig. 17, 25, 26).

Im Ganzen ist es leicht, sich über das Wachsthum der Isoëtes-Wurzeln zu orientiren, nur muss man sich hüten, stark im intercalaren Wachsthum begriffene, oder völlig ausgewachsene Wurzeln zum Gegenstande des Studiums zu wählen, vielmehr muss man sich an junge Wurzelanlagen halten.

Entwickelungsgeschichte der ersten Seitenwurzel und der übrigen Wurzeln.

Die Entwickelungsgeschichte der zweiten Wurzel, d. h. der ersten Seitenwurzel von Isoëtes, die ich lückenlos verfolgen konnte, bringt uns eine weitere Stütze für die oben ausgesprochene Deutnng des Wurzelwachsthums von Isoëtes. Sie tritt neben der Basis des ersten Stengelblattes seitlich am Stamme in einer Ebene hervor, die mit den Medianebenen aller bisher angelegten Organe zusammenfällt. Ihre Anlage erfolgt zu einer Zeit, in der die Hauptwurzel noch nicht das Maximum ihrer Entwickelung erreicht hat und die Anlage des zweiten Stengelblattes eben beginnt. Sie unterscheidet sich von der ersten Wurzel dadurch, dass sie seitwärts an der Keimaxe und endogen, wie alle späteren Wurzeln, angelegt wird, also mit allen diesen ihr folgenden Wurzeln unter die Reinke'sche Bezeichnung der Beiwurzeln fällt. Alle diese Beiwurzeln von Isoëtes stehen, wie bekannt, in bestimmter gesetzmässiger Beziehung zu den Blättern des Stammes.

Hofmeister giebt von der Entwickelung der in Frage stehenden ersten Seitenwurzel folgende kurze Schilderung[1]): „Sie entsteht aus der Vermehrung einer dem zum Gefässbündel werdenden Zellstrange (des ersten Stengelblattes) benachbarten Zelle, völlig in der nämlichen Weise, wie die erste Wurzel."

Das genaue Studium der Entwickelungsgeschichte dieser Wurzel, die beiläufig gesagt, in der Präparation die geringsten Schwierigkeiten bereitet, hat mir nun Folgendes ergeben: Zu einer Zeit, wo das erste Stengelblatt noch wenig über die Keimblattscheide hervorragt und auf dem Medianschnitt nur aus einem indifferenten, meristematischen Gewebe sich zusammengesetzt zeigt, tritt unterhalb der Basis dieses Blattes, stets unmittelbar unter der äussersten in die Keimblattscheide aufwärts laufenden Zellreihe, gegenüber der Ansatzstelle des Kotyledonar- und des Wurzelstranges, eine einzelne Zelle durch besondere Grösse hervor. Ihre Form ist bei verschiedenen Objecten eine sehr wechselnde. Man könnte leicht in ihr die vermuthete Scheitelzelle sehen, aber ihr ferneres Verhalten zeigt bald ihren wahren Charakter. Sie ist die Proto-Kalyptro-Dermatogenzelle der ersten Wurzel des Stammes und theilt sich bald durch eine longitudinale, zur Aussenfläche parallele Wand in zwei Zellen, von den die äussere die erste Kappen-

1) a. a. O. S. 141.

zelle der Wurzel darstellt, die innere aber zur Kalyptro-Dermatogenzelle wird (Fig. 22, 23). Sofort treten in den Zellen zwischen dieser Stelle und der Vereinigungsstelle der divergirenden Gefässbündelstränge des Keimblattes und der primären Wurzel Vergrösserungen und Theilungen ein, die die Sonderung der übrigen Meristeme der Wurzel zur Folge haben.

Die Differenzirung in Periblem und Plerom geschieht auf dem kürzesten und einfachsten Wege und zwar in den meisten Fällen von aussen nach innen vorschreitend. Bedingt wird die Art und Weise der Differenzirung dann weiter von der Stärke des zu derselben verwendeten Meristems. Bei ganz schwachen Keimen, wo nur eine Zelle zur Differenzirung der noch fehlenden Histogen-Initialen zur Verfügung steht, theilt sich dieselbe durch zweimal aufeinanderfolgende Querwände zu den Proto-Initialen dieser Gewebe; die zwei äusseren werden zu denen des Periblems und die innerste zur Initiale des Pleroms.

Bei Keimen mittlerer Stärke, wo die zwischen der Proto-Kalyptro-Dermatogenzelle und der Vereinigungsstelle der Gefässbündel mehrere Zellen liegen, treten drei Fälle der Sonderung ein. In dem einfachsten Falle, wo sie in hinreichender Anzahl vorhanden, werden diese ohne Weiteres zu den Periblem- und Plerom-Initialen, die so gleichsam von Anfang an vorhanden waren. Sind nur zwei hintereinanderliegende Zellen in der fraglichen Strecke vorhanden, so wird es von deren relativem Grössenverhältniss abhängen, welche von beiden sich theilt. Ist es die erste, so wird sie zu den beiden Periblem-Initialen; ist es dagegen die zweite, innerste Zelle, so giebt sie durch eine Quertheilung eine Zelle nach oben als zweite Initiale für das Periblem ab und bildet aus ihrer nach innen gelegenen Hälfte die Ur-Plerom-Initiale.

Der Vorgang der Differenzirung der Wurzel-Histogene geschieht von aussen nach innen in ähnlicher Weise, wie sie für diese Wurzeln bei den Phanerogamen gilt, und in umgekehrter Folge, als wir sie bei Lycopodium kennen gelernt haben.

Das ganze Plerom dieser Wurzel lässt sich also auf eine Zelle, seine Proto-Initiale zurückführen, die stets, doch in wechselnder Entfernung über dem Vereinigungspunkte der Gefässbündel der Hauptwurzel und des Kotyledons liegt (Fig. 23 u. 24). Es schliesst unmittelbar an den procambialen Strang des ersten Stengelblattes an, der sich bald aus dem Meristem heraus differenzirt (vergl. Fig. 25). Vielleicht gelingt es einmal, auch bei der Hauptwurzel

das ganze Plerom von einer Zelle abzuleiten, wenigstens schliesst Fig. 17 diese Möglichkeit nicht aus.

Schon während dieser ersten Sonderung der innern Gewebe der Wurzel macht sich eine Zunahme der Zellen über der Plerom-Initiale derselben nöthig. Sie beginnt mit der Vermehrung in der über dem Wurzelscheitel liegenden peripherischen Zellreihe der Wurzelscheide (Fig. 23 *wsch*), und wiederholt sich in ähnlichen radialen Theilungen auch in den äusseren Schichten der Wurzel (vergl. Fig. 23 u. 24). Dies ist der Beginn des nun eintretenden starken Spitzenwachsthums dieser Wurzel.

Das Plerom arbeitet sich durch die Thätigkeit seiner Scheitelzelle stark hervor und schliesst andererseits mit dem Gefässbündel des ersten Stengelblattes vereint an der Ansatzstelle des Bündelstranges vom Kotyledon an den der Hauptwurzel an (Fig. 25 u. 26).

Die Periblem-Initialen folgen dem Wachsthum des Pleroms durch radiale Theilungen in ihren Zellen nach, und so ordnet sich das Periblem in scharf convexe Reihen über dem Scheitel des Pleroms. Seitwärts schliesst sich das Periblem an dasjenige der älteren Wurzel und des Stengelblattes an (Fig. 25). Die äussere und innere Rinde wachsen von Anfang an durch gesonderte Initialen und zeigen auch in ihrem späteren Verhalten ganz verschiedene Eigenschaften. Seitwärts vom Scheitel treten noch einige Spaltungen in ihren Reihen auf, doch in dieser Wurzel nie mehr in jeder Reihe, denn eine. Die innere Rinde ist stets schwächer, als die äussere.

Das energische, durch radiale Theilungen bedingte Wachsthum des Kalyptro-Dermatogen wird uns durch Fig. 23, 24 und 25 veranschaulicht. In derselben Weise, durch radiale Theilungen, erfolgt auch das Wachsthum der beiden über ihr liegenden Zellreihen, der ihr entstammenden Kappenzellreihe und der Wurzelscheide. Nur noch eine tangentiale Theilung erfolgt auf nun folgendem Entwickelungszustande in der Kalyptro-Dermatogenschicht; damit hat die Anlage, bei gleichzeitiger Hervorwölbung, das Maximum ihrer Dicke erreicht, und nun beginnt ein starkes intercalares Wachsthum.

Die Wachsthumsrichtung dieser Wurzel, obgleich in der Anlage rechtwinklig zum Gefässstrange der Hauptwurzel (Fig. 22 und 23), nimmt bald eine nach abwärts geneigte Richtung an (Fig. 25), und wird bei weiterer Richtungsänderung endlich fast der Hauptwurzel parallel (Fig. 26).

Es erübrigt noch, an Fig. 26 die Art des ersten intercalaren Wachsthums dieser Wurzel zu studiren. Dieses macht sich bei allen Wurzeln zunächst an der Basis derselben geltend und pflanzt sich von da langsam bis zum Scheitel fort [1]). Dabei unterbleibt zunächst nicht alles Spitzenwachsthum; es verlangsamt sich aber immer mehr und mehr und hört endlich auf, wenn das Intercalar-Wachsthum den Scheitel erreicht hat. Hiermit hat dann überhaupt auch die Lebensfunction der Wurzel ihr Ende erlangt, und das Absterben derselben beginnt.

Kurz nachdem der Zustand der Fig. 25 erreicht worden, tritt eine Spaltung in dem Kalyptro-Dermatogen ein; die nächstfolgende Spaltung findet aber erst nach bedeutendem Längenwachsthum auf dem Zustande der Fig. 26 statt. In der ganzen Zeit des nachfolgenden Wachsthums ist nur noch eine, die letzte, Theilung zu verzeichnen, so dass die Wurzelhaube dieser Wurzel bei Isoëtes definitiv am Ende ihrer Entwickelung vier Kappenschichten aufzuweisen hat, also nur um eine Kappenschicht reicher ist, als die Hauptwurzel. Die Kappenschichten vermehren sich auch hier nicht durch tangentiale Theilung, eben so wenig, wie bei den zunächst folgenden Wurzeln, und überspannen den Scheitel eben so unsymmetrisch, wie an der Hauptwurzel.

Die stärkste Ausdehnung hat das Gewebe der jungen Pflanze in dem Winkel der Gefässstränge dieser Wurzel und des zu ihr gehörigen Blattes erlitten, wie ein Vergleich von Fig. 26 und 25 ergiebt. Die Streckung dieser Gewebspartie hat namentlich die Abwärtskrümmung der Wurzel zur Folge.

Wenn die eben besprochene erste Stammwurzel noch in starkem intercalaren Wachsthum begriffen ist, so wird die Anlage einer zweiten vorbereitet. Sie tritt an der breiten Seite des Stammes hervor, der jetzt einen elliptischen Querschnitt zeigt, und entsteht (die Lage des Objectes immer gleich der in Fig. 17 dargestellten gedacht) an dessen vorderer Seite, an der Stelle, wo der kurze Durchmesser der Ellipse den grössten schneidet, an der nämlichen Stelle, an der der Gefässstrang der Hauptwurzel seinen Anfang nimmt, und die Gefässstränge der ersten Seitenwurzel und der Blätter gleichfalls beginnen. An der entgegengesetzten Seite entsteht später die dritte Seitenwurzel. Während nun die zweite gleich nach ihrer Anlage sich nach links und abwärts wendet, und

1) Vergl. auch Nägeli und Leitgeb a. a. O. S. 132.

neben der Hauptwurzel den Stamm durchbricht, nimmt die dritte Stammwurzel die Richtung nach rechts und abwärts an.

Die Untersuchung der Entwickelung dieser Wurzeln ist, weil sie ihre ursprüngliche Richtung nicht beibehalten, mit Schwierigkeiten verbunden. Nur auf jüngsten Entwickelungszuständen erhält man gute Ansichten von der Anlage, wenn man quer durch den Stamm oder parallel zum kürzesten Durchmesser desselben schneidet. Mir genügte es, zu sehen, dass die Entstehung dieser Wurzeln in derselben Weise vor sich geht, wie die der ersten Seitenwurzel, mit dem Unterschiede, dass sie tiefer im Stammgewebe ihren Ursprung nehmen [1]).

In der Nähe der Vereinigungsstelle der Gefässbündelstränge differenziren sich eine oder wenig mehr Zellen zum Kalyptro-Dermatogen, erleiden tangentiale und radiale Theilung, während sich von hier aus bis zum procambialen Strange des entsprechenden Blattes aus der zwischenliegenden Zellschicht die übrigen Histogene sondern; dann tritt auch hier sofort das ergiebigste Spitzenwachsthum auf. — Die Anlagen dieser Wurzeln übertreffen die der vorhergehenden an Stärke, und die fertigen Wurzeln selbst dann auch die früheren an Wachsthumsdauer. Beides steigert sich von der ersten Wurzel an überhaupt stufenweise, in dem Maasse, als auch die ganze übrige Pflanze an Stärke zunimmt.

Die Gabelung der Wurzeln und die Ausbildung ihrer Gewebe.

Die Dichotomie dieser Wurzeln lässt sich am geeignetsten an älteren Pflanzen verfolgen. Auch von diesen stand mir genügendes Material aus dem botanischen Garten hier zur Verfügung.

Zu der Zeit, wo diese Pflanzen zu treiben begannen, benutzte ich ihre eben den Stamm durchbrechenden Wurzeln zu diesem Studium, indem ich aus denselben in der Richtung ihrer zukünftigen Dichotomieebene eine Mittellamelle herausschnitt. Nach einiger Mühe gelang es mir, die erwünschten Präparate zu erlangen, von denen ich zwei in Zeichnung wiedergebe (Fig. 20 u. 21). Folgende Punkte sind aber bei der Beurtheilung solcher Präparate in Betracht zu ziehen: Das Plerom liegt auch in dem Scheitel der Wurzel nicht ganz central [2]), und zwar so, dass der mathematische Medianschnitt der Dichotomie die Wachsthumsverhältnisse

---

1) Vergl. dazu Hofmeister a. a. O. S. 141 ff.

2) Vergl. auch Nägeli und Leitgeb a. a. O. S. 132.

nicht richtig veranschaulichen kann. Ferner zeigen die Gabelenden wie auch bei Lycopodium, meist eine leichte Krümmung nach aussen. Endlich macht es Schwierigkeiten, den schwachen Pleromcylinder namentlich bei starken Wurzeln für beide Gabeläste gleichzeitig zu treffen. Doch unter vielen Präparaten sind einzelne immer verwendbar. — Häufungen mehrerer Gabelungen verschiedener Ordnung, wie sie Nägeli und Leitgeb angeben, bin ich an den Wurzeln bei beginnender Vegetationszeit nicht begegnet.

Es war a priori anzunehmen, dass auch hier bei der Gabelung das Plerom die Initiative ergreift. Eingeleitet wird die Gabelung auch in der That durch eine Längstheilung der Plerom-Initiale vermittelst einer senkrecht zur zukünftigen Gabelungsebene stehenden Wand. Auf diese Weise werden die zwei Initialen für die beiden Gabeläste angelegt. Ich habe diesen Vorgang durch Fig. 20 fixirt. Die Spaltung der Scheitelzelle des Pleroms, der gewiss eine Breitenzunahme vorausgegangen ist, veranlasst eine Verbreiterung der Periblem-Initialen, die nun in weniger convexen Bogen über das Plerom laufen. Im Uebrigen bestätigt die Figur die bereits an jüngeren Wurzeln gewonnene Anschauung von dem Scheitelwachsthum derselben. Ein eigenthümliches Bild gewährt bei älteren Wurzeln das Kalyptro-Dermatogen, das sich selbst bei den stärksten Wurzeln in auffallend schlanker Reihe über den Scheitel hinzieht.

Fig. 21 stellt eine ziemlich vollendete Gabelung der Wurzel dar. Die Art der Gabelung ist in ihrem Verlauf ganz dieselbe, wie sie für Lycopodium dargestellt wurde. Auch bei Isoëtes verhalten sich die über dem Plerom liegenden Gewebe vorwiegend passiv. Das Periblem zeigt in dem Dichotomiewinkel und in den Podialwinkeln ganz dasselbe charakteristische Verhalten wie bei Lycopodium (vergl. Fig. 11 mit Fig. 21). Die im Gabelungswinkel liegenden Periblemschichten sind durch tangentiale Theilung in akropetaler Folge aus nur zwei Zellreihen, den Exinitialen dieses Gewebes, entstanden. Ausnahmsweise zeigt Fig. 21 diese Theilung und Bildung von Ellipsoiden sehr regelmässig; meistens werden sie unregelmässiger gebildet.

Wie die beiden Gabeläste des Pleroms sich aus ihren Ur-Initialen von Fig. 20 an entwickeln, liegt klar auf der Hand. Im weiteren Verlauf der Entwickelung dieser Gabeläste zeigt sich aber die Eigenthümlichkeit, dass sie in einem nach aussen convex werdenden Bogen von ihrer ursprünglich divergirenden Richtung abweichen un[illegible]inander parallel weiter wachsen (Fig. 21),

um erst viel später wieder zu divergiren (Fig. 28). In Folge dessen ist auch die Spannung der Gewebe im Winkel der Plerom-Aeste hier meist eine unregelmässige und bald vorübergehende.

Das Verhalten des Kalyptro-Dermatogens bei der Gabelung ist ein ähnliches, wie das der Kalyptrogenschicht bei Lycopodium. Die Breitenzunahme des Pleroms veranlasst in zweiter Linie eine solche der Kalyptro-Dermatogen-Initialen. Den Beginn einer Gabelung zeigt Fig. 20. Die mittlere Gruppe verliert ihre Function als Initialen des Gewebes, und nur die Zellen seitwärts derselben, über den sich entwickelnden Gabelästen, führen ihre sie kennzeichnende Thätigkeit weiter. — Fig. 21 führt uns die Entstehung der Wurzelhaube für die Gabeläste aus dem Kalyptro-Dermatogen vor. Zwei Haubenkappen sind für die Aeste der Dichotomie gebildet worden, die übrigen drei vorhandenen Haubenkappen gehören dem früheren gemeinsamen Ganzen an. In der weiteren Entwickelung, während des parallelen Wachsthums der beiden Gabeläste, macht sich die Regeneration der Wurzelhaube für ihre von einander abgewendeten Seiten besonders bemerkbar. In den Gabelungswinkel reicht die tangentiale Theilung des Kalyptro-Dermatogen sehr wenig hinab. Die Wurzelhaubenzellen in diesem Winkel wachsen zu langen Zellen aus und werden bei der späteren, wieder divergenten Wachsthumsrichtung der Gabeläste zerrissen.

Durch Isoëtes haben wir, trotz aller Uebereinstimmung mit Lycopodium, immerhin einen neuen Gabelungstypus kennen gelernt, da er nur an drei Histogenen vor sich geht.

Ueber den Beginn der Dichotomie von Isoëtes besitzen wir keine ältere directe Beobachtung. Hofmeister[1]) „scheint es, dass die Gabelung mit der Längstheilung der Zelle ersten Grades (der Scheitelzelle) anhebt". Seine hierauf bezüglichen Zeichnungen sind nicht richtig. Dagegen geben Nägeli und Leitgeb auf Taf. XIX, Fig. 12, namentlich im linken Gabelaste ein ziemlich richtiges Bild von dem Spitzenwachsthum[2]). Man sieht das Plerom mit einer Initiale (c^1) enden, darüber die beiden Reihen der Periblem-Initialen, denen die innere und die äussere Rinde entstammen. Nur die Epidermidalschicht ist ungenau dargestellt, auch die Darstellung der Gabelung lässt zu wünschen übrig.

1) a. a. O. S. 147.

2) Wie zu Anfang hervorgehoben, ist nach diesen Zeichnungen von Strasburger (Conif. u. Gnet. S. 357) das Spitzenwachsthum dieser Wurzeln richtig gedeutet worden.

Der weiteren Veränderung der Gewebe sei hier nur in wenigen Worten gedacht.

Die Einzelligkeit des Pleroms am Scheitel der Wurzel ist von NÄGELI und LEITGEB ausdrücklich hervorgehoben worden[1]). Ueber die Form und die weitere Theilung eines von der Initiale abstammenden Segmentes finden wir an derselben Stelle eine sehr eingehende Darstellung. In den meisten Fällen hat das Segment im Querschnitt die Form eines Sechseckes, das aber nach NÄGELI und LEITGEB stets aus einem Viereck hervorgehen soll. Letzteres bezweifle ich und füge hinzu, dass selbst rundliche Formen auf dem Querschnitt vorkommen. — Ueber die gesetzmässige Theilung dieser Segmente, welche die genannten Autoren durch Fig. 13—17 auf Taf. XIX darstellen, habe ich keine Untersuchungen angestellt, weil ich sie für weniger wichtig hielt.

Die definitive Ausbildung hat das Plerom in Fig. 27, die den Querschnitt einer ersten, der Hauptwurzel darstellt, erlangt. Es besteht hier nur aus vier Zellen und dem excentrischen Spiral-, resp. Ringgefäss. Bei dieser und den folgenden Wurzeln wird im weiteren Verlaufe nur ein einzelnes Gefäss ausgebildet, obgleich an der gemeinschaftlichen Ansatzstelle der Gefässe im Stamme die Entwickelung stets mit mehreren Gefässen anhebt (Fig. 26). Auffallend ist die Lage dieses Gefässes noch dadurch, dass es unmittelbar an die innere Rinde grenzt. Obgleich bei älteren Wurzeln die wenigen Gefässe gleichfalls excentrisch an einer Stelle liegen, so bleibt doch noch immer eine Schicht des Pleroms zwischen denselben und der Rinde im ganzen Umkreis übrig, die man analog den Wurzeln höherer Pflanzen als Pericambium deuten könnte. — Die übrigen Zellen des Pleroms gehen weiter keine Veränderung ein.

Die Rinde zeigt hingegen ein, nur dieser Pflanze eigenes, eigenthümliches Verhalten. Sie wird nicht gleich stark im ganzen Umfange der Wurzel entwickelt und bedingt daher die excentrische Lage des Pleroms. Die dem Plerom angrenzende Schicht bildet sich stets zur Pleromscheide der Wurzel aus. Alle zum Plerom senkrecht stehenden Wände, also die radialen Längswände und die Querwände dieser Schicht, zeigen ein wellenförmiges Band. Alle Schnitte, die senkrecht zum Verlauf dieses Bandes geführt werden, also die Quer- und Längsschnitte, zeigen es als biconvexe Verdickung der betreffenden Zellwände (Fig. 24 u. 29 *psch*). Stehen

1) a. a. O. S.

hingegen diese Zellwände senkrecht zur Gesichtsebene, so sieht man ihren wellenförmigen Verlauf sehr deutlich [1]). — Von Hofmeister und Nägeli und Leitgeb ist diese Differenzirung nicht erwähnt worden. Zuerst wird sie von Van Tieghem (a. a. O.) angegeben.

Die innere Rinde verdoppelt sich nicht im ganzen Umfange der Wurzel; auf einer kurzen Strecke bleibt sie einschichtig (Fig. 27). Die zwischen der äusseren und inneren Rinde auftretenden Intercellularräume zeigen den Beginn der späteren grossen Lufthöhlen. Die äussere Rinde selbst ist in der kleinsten Wurzel zweischichtig [2]). — Bei dickeren Wurzeln sind diese Gewebe in gleichem Verhältniss stärker [3]).

Was die Differenzirung der Epidermis anbetrifft, so ist besonders die Bildung der Trichommutterzellen hervorzuheben. Sie treten nicht in so regelmässiger Weise auf, wie bei Lycopodium, vielmehr ziemlich zerstreut (Fig. 19); in einigen Zonen scheinen sie ganz zu fehlen. Von den sie umgebenden Epidermiszellen zeichnen sie sich durch ihren dunkeln Inhalt aus, den sie noch im späteren Alter beibehalten. Zur wirklichen Bildung des Trichoms bringen sie es aber nur in den seltensten Fällen.

Das Wachsthum der übrigen vegetativen Organe.

Das Wachsthum des Stammes und der Blätter. Die „Ligularscheide".

Ich bin, was die hier zu besprechenden Verhältnisse anbetrifft, abweichend von Hofmeister zu ähnlichen Ergebnissen wie kürzlich Hegelmeier [4]) gelangt.

Seit nun fast zwei Decennien galt Hofmeister's Ansicht über das Scheitelwachsthum der Isoëten; nämlich dass die dreifurchigen Arten mit einer dreiseitigen, dagegen die zweifurchigen mit einer zweiseitigen Scheitelzelle wachsen [5]). Hegelmeier kommt nun durch seine sorgfältigen Untersuchungen an alten Exemplaren der dreifurchigen Arten: I. velata und I. Duriaei zu folgender abweichenden Auffassung: Eine Scheitelzelle in dem Sinne Hofmeister's, von der

---

1) Dieselbe Erscheinung siehe weiter unten bei der Ligula.

2) Vergl. dagegen bei Nägeli und Leitgeb S. 132.

3) Näheres siehe bei Nägeli und Leitgeb S. 132 ff.

4) Zur Kenntniss einiger Lycopodinen, Bot. Zeit. 1874 Nr. 32 ff.

5) Siehe Hofmeister a. a. O. S. 138 und die Kritik hierüber von Hegelmeier a. a. S. 483.

nach ihrer gesetzmässigen Theilung alle Gewebe herzuleiten sind, fehlt, dagegen wird der ganze Scheitel von einem gleichartigen Meristem bedeckt, dem die Bedeutung einer wirklichen „Scheitelzellenfläche“ zuzusprechen ist. Die centrale Schicht dsselben giebt die dem Plerom anderer Pflanzen analogen Gewebe stammabwärts ab, aus denen sich der Holzkörper der Stammmitte differenzirt. Die peripherischen Schichten regeneriren den Rindenkörper des Stammes [1]). Ausserdem finden aus diesen durch eine zur Oberfläche parallele Theilung die Blätter ihre Entstehung.

Es wird nun von Interesse sein, zu erfahren, wie sich diese Verhältnisse für Isoëtes lacustris gestalten. Dass die einzelnen Arten dieser Gattung, ähnlich etwa wie die verschiedenen Arten der Gattung Selaginella, auch ein verschiedenes Scheitelwachsthum haben könnten, war, wie es auch Hegelmeier hervorhebt, durchaus nicht undenkbar, ja selbst ein Wachsthum mit einer Scheitelzelle für die von Hegelmeier untersuchten Species auf embryonalen Zuständen nicht ausgeschlossen.

Für Isoëtes lacustris, welche Pflanze hier nur Besprechung finden soll, wurde von Hofmeister eine am Scheitel dominirende zweiflächige Zelle angegeben [2]). Hauptsächlich wurde diese Pflanze von ihm auch in Betreff des Scheitelwachsthums untersucht und ward es daher auch von Bedeutung, seine Aussagen an demselben Objecte zu prüfen. Nur zwei seiner Figuren (Fig. 3, Taf. X und Fig. 1, Taf. XI) veranschaulichen uns die Scheitelzelle; an den vielen anderen Abbildungen des Scheitels tritt sie kaum bestimmt hervor. Ich selbst habe den Scheitel stets ohne Scheitelzelle gesehen und suchte mich zunächst an älteren Pflanzen zu orientiren. Es ist da verhältnissmässig sehr leicht, nach Entfernung aller älteren Blätter und eines grossen Theils des Rindenkörpers [3]), durch successive Abtragung eine Flächenansicht des Scheitels zu gewinnen. Fig. 29 stellt eine solche dar [4]). Den Scheitel umgeben in spiraliger Stellung die dicht über ihrer Basis durchschnittenen Blätter, deren innere Begrenzung nur an der Figur

1) Hegelmeier giebt dem Stamme dieser Pflanze die vielleicht treffendste Bezeichnung: Rhizom.

2) a. a. O. S. 138.

3) Diese Vorbereitungen sind auch von Hegelmeier getroffen worden und durchaus empfehlenswerth.

4) Man vergleiche dagegen die entsprechende Ansicht bei Hofmeister Fig. 3, Taf. X.

gegeben wurde. Ihr Alter ist an der Entwickelung ihrer Ligula zu erkennen; sie sind dem entsprechend beziffert.

Ungefähr in der Mitte solcher Scheitelansichten tritt eine aus wenigen Zellen bestehende Gruppe durch ihren Protoplasmareichthum dunkler hervor. Sie bildet inmitten des übrigen Gewebes eine sanfte, oft ziemlich spitz gipfelnde Erhöhung (Fig. 29 *s*). Eine zufällig den äussersten Gipfel einnehmende einzelne Zelle liess sich nie, weder nach Form noch Theilungsart, für eine Scheitelzelle ausgeben, und die benachbarten Zellen zeigten nie gesetzmässige Beziehung zu derselben [1]). Die Zellen dieser ganzen Scheitelprotuberanz wie auch des übrigen Scheitelmeristems sind von polygonaler Form und, wie gesagt, in keiner Weise auf die Segmentirung einer Zelle zurückzuführen [2]). Die mit Plasma erfüllten Zellen des Scheitelmeristems sind mit den übrigen peripherisch gelegenen Zellen durchaus nicht gleichwerthig, sie zeichnen sich durch ihren Inhalt und ihre besondere Theilungsfähigkeit, weniger durch ihre Grösse von den umgebenden Zellen aus. Von ihnen sind alle sie umgebenden Zellen des Scheitels abzuleiten; sie sind die Meristem-Initialgruppe derselben und haben als solche auch die Aufgabe, den in Folge der Blattbildung verbrauchten Scheiteltheil bei Erweiterung desselben wieder zu ersetzen. Die Blattbildung ist hier zwar sehr langsam und daher auch die Thätigkeit der Stammscheitel-Initialen träge, immerhin aber lässt sie sich verfolgen. Die Theilungen in den Initialen erfolgen abwechselnd radial und tangential zum Mittelpunkt des Scheitels. Die mehr oder weniger deutliche concentrische Anordnung der den Gewebehöcker umlagernden Zellen [3]) stimmt zu dieser ihrer Entstehung. Die von den Initialen abgegebenen Zellen theilen sich noch längere Zeit fort.

Fig. 29 *bl'* zeigt den Scheitel eines sich eben bildenden Blattes. — Nach Hofmeister wachsen auch die Blätter mit einer zweiflächigen Scheitelzelle, deren Längsdurchmesser in der Blattmediane liegt; namentlich wird ein derartiges Wachsthum für den Kotyledon geschildert [4]) und jede Endzelle eines Blattes in den Zeich-

1) Vergl. auch bei Hegelmeier für die dort behandelten Arten S. 486.

2) Wie dies Hofmeister dennoch ausgeführt hat, siehe an Fig. 3, Taf. X. Die den Scheitel einnehmende Gewebemenge ist durch circa 15 Theilungen der zweiflächigen Scheitelzelle entstanden gezeichnet.

3) Diese Anordnung hebt auch Hegelmeier für seine von ihm untersuchten Arten hervor. A. a. O. S. 486.

4) a. a. O. S. 132.

nungen dann auch als Scheitelzelle bezeichnet. — Dagegen zeigt die hier im Entstehen begriffene Blattanlage (Fig. 29 *bl'*) zwei Zellen an ihrem Scheitel, und ähnlich auch in anderen Fällen, unterscheidet sich also in ihrer Scheitelansicht nicht von den Blattanlagen von Lycopodium und den phanerogamen Pflanzen. Auch sieht man es dieser Anlage auf den ersten Blick an, dass sie von innen emporgehoben und nicht durch Theilung einer den Scheitel, einnehmenden Zelle aufgebaut wird. Diese Blattanlage nimmt bald an Stärke zu, neigt sich zum Stammscheitel hin und wird breiter. Die früh bemerkbare Ligula macht sie als eine den Isoëten gehörige Blattbildung kenntlich.

Mediane Längsschnitte durch die Scheitelregion des Stammes entbehren einer auf Scheitelzellwachsthum basirenden Anordnung des Meristems, wie uns solche am Scheitel anderer Pflanzen mit dominirender Endzelle deutlich entgegentritt. Auch das Innengewebe wird gebildet, wie schon die Flächenansicht zum Theil errathen liess, durch die, die gewölbte Scheitelmitte einnehmende, äussere Meristemschicht. Hegelmeier vermuthete ganz richtig aus der ungleichen Tiefe dieser Schicht, dass Theilungen in derselben auch parallel zu ihrer Oberfläche erfolgen müssten, obgleich es ihm nicht glückte, dieselben aufzufinden. Bei I. lacustris gelingt es unschwer, sie zu sehen; so in Fig. 30 und 31. Diese Figuren zeigen uns auch sofort, dass die etwaige Hoffnung, hier ein ähnliches Wachsthum, wie bei Lycopodium zu finden, aufzugeben sei. Die die Mitte einnehmende Scheitelzellgruppe theilt sich also senkrecht und parallel zur Oberfläche, senkrecht namentlich, wenn ein neues Blatt ganz nahe dem Mittelpunkte des Scheitels gebildet wird und nun von demselben entfernt werden soll (Fig. 29 und 31). Diese seitlich von der Scheitelgruppe abgegebenen Zellen theilen sich vornehmlich radial, ohne sich an dem Aufbau dasAmminnern zu betheiligen; ihnen steht aber die Aufgabe der Blattbildung zu.

Die Blätter werden hier ebenso angelegt, wie es Hegelmeier für nicht untergetauchte Isoëten darstellt [1]). Nach einer einleitenden Längsstreckung einer solchen peripherischen Zellgruppe zur Hervorwölbung eines Höckers mit sphärischer Oberfläche (Fig. 29, *bl'*) erfolgen sogleich in allen Zellen derselben zur Oberfläche parallele Theilungen (Fig. 31 *bl'*). Die beiden so gebildeten Zelllagen arbeiten nun in verschiedener Weise für den Aufbau des

1) a. a. S. 487.

Blattes fort. Die äussere theilt sich vornehmlich radial und tangential zur Blattoberfläche, die innere dagegen in unregelmässiger Weise. Die Angabe, dass diese peripherische Meristemschicht ausser den Blättern durch tangentiale Theilungen nach innen auch die ganze Rinde erzeugen, wie Hegelmeier es für die beiden von ihm untersuchten Isoëten angiebt [1]), muss ich für I. lacustris entschieden zurückweisen. Nie fand ich derartige Theilungen [2]), und es lässt auch die zunächst unter ihr liegende, grosszellige Schicht auf wenige Connexionen mit ihr schliessen. Das ausnahmsweise Auftreten solcher Theilungen bleibt freilich nicht ausgeschlossen.

Der Ursprung des gesammten inneren Scheitelgewebes ist auf einem Längsschnitte nicht schwer zu ersehen. Es zeigen diese inneren Zellen zwar keine regelmässige Anordnung; aber eine convergente Reihenbildung, die auf die Scheitelmitte hinführt, tritt an ihnen dennoch deutlich hervor. Auch dieses gesammte innere Meristemgewebe verdankt also den die Scheitelhöhle einnehmenden Initialen seinen Ursprung. Somit sind diese Scheitelzellen die Initial-Gruppe des ganzen Urmeristems im vollen Sinne des Worts. Durch radiale Theilungen wird von ihnen die in Blattbildung aufgehende peripherische Zellschicht wiederersetzt, und durch tangentiale Theilung geben sie dem Innern des Stammes Zellen ab, aus denen durch Theilung alle inneren Gewebe endlich hervorgehen.

Central entwickelt sich im Stamme von Isoëtes ein eigenthümlicher „Holzkörper", der aus lauter einzelnen rundlichen Zellen mit ring- und spiralförmigen Verdickungen besteht. An diesen stammeigenen „Holzkörper", der nur älteren Pflanzen eigenthümlich ist, jüngern dagegen fehlt (siehe Fig. 26), legen sich die Gefässstränge der Blätter seitlich an (Fig. 26). Dieser „Holzkörper" ist eine nur den Isoëten eigene Bildung und kaum mit dem Holzkörper anderer Pflanzen zu vergleichen. Isoëtes unterscheidet sich eben in seinem Scheitelwachsthum von allen bis jetzt bekannten Typen, selbt von Cycas, mit dem es nach Hegelmeier, auf Strasburger's Beschreibung gestützt, übereinstimmen soll [3]). Strasburger sagt ausdrücklich in seiner Darstellung des Scheitelwachsthums von Cycas [4]): „Auch das massige Plerom beginnt am Scheitel mit wenig Initialen. Es reicht mit demselben bis an die

1) a. a. O. S. 488 und 497.

2) Man hat sich zu hüten, etwa nach nicht durch die Mitte getroffenen Blattanlagen zu urtheilen (Fig. 30 und 31, *b*).

3) a. a. O. S. 498.

4) a. a. O. S. 336.

Dermatogenzellgruppe." Das ist nun hier nicht der Fall. Der Holzkörper regenerirt sich aus einem Meristem, das auf dem Längsschnitt die Gestalt eines gleichschenkeligen Dreiecks hat. Die Basis dieses Dreiecks ruht auf dem „Holzkörper", und dessen Spitze verliert sich in das Urmeristem des Stammscheitels. Nur wenige Zellen des Urmeristems bilden diese Spitze vermehren sich nach der Basis zu in divergenten Reihen und genügen, um eine neue transversale Zellreihe mit den bald charakteristisch auftretenden Verdickungen dem „Holzkörper" aufzulagern. Diese Entwickelung ist selbstverständlich leichter auf Längsschnitten, parallel zum grossen Durchmesser des Stammes (Fig. 30), als senkrecht zu diesem (Fig. 31) zu verfolgen. Eine ausgeprägte Grenze zwischen diesem den „Holzkörper" regenerirenden Meristem und dem an ihn grenzenden ist nicht vorhanden. Auch letzteres Meristem entstammt dem Urmeristem der Scheitelmitte und den dieses krönenden Initialen; es bildet die Rinde des Stammes. Dieses Meristem wird durch das innere nach aussen gedrängt und bildet sich hier zu den langen, concav nach oben führenden Zellreihen der Rinde aus.

Es unterscheidet sich also meine Ansicht über das Scheitelwachsthum von Isoëtes lacustris von der Hegelmaier's an I. velata und I. Duriaei gewonnenen dadurch, dass ich nicht auf die ganze den Scheitel bedeckende Meristemschicht, sondern nur auf die die gewölbte Scheitelmitte einnehmenden Zellen das Scheitelwachsthum des Stammes zurückführe und letzteren den Namen „Urmeristem-Initialen" beilege.

Auch für die embryonalen Zustände von I. lacustris gelang es mir nicht, eine Scheitelzelle nachzuweisen. Flächenansichten des Scheitels sind nur an jungen, wenigzelligen Embryonen zu erlangen, wenn durch das Hervortreten der Ligula des Kotyledons der kotylische und hypokotylische Keimtheil deutlich markirt werden. Der Scheitel des Keimes liegt unmittelbar unter der Ligula und wird auf diesen und den nachfolgenden Zuständen nur durch eine oder wenige Urmeristem-Initialen gebildet. Diese kommen jedesmal in der Folge unter die Ligula des je jüngsten Blattes zu liegen. Der ganze übrige Scheiteltheil geht in Blattbildung auf (Fig. 17 *s*, 22—25). Zur Bildung eines gewölbten Scheitels kommt es erst im Laufe der späteren Entwickelung. Die wenigen Initialen des Urmeristems theilen sich hauptsächlich durch radiale Wände zur Herstellung der für die Entwickelung der Blätter nöthigen Zellen. Bei der anfänglichen Blattstellung mit der Divergenz $^1/_2$

geschieht diese Vermehrung alternirend nach zwei Seiten. Dass auch tangentiale Theilungen in diesen Urmeristem-Initialen erfolgen, zeigt Fig. 17 *s*.

Es sei hier endlich noch die am Insertionspunkte der Ligula entwickelte eigenthümliche „Ligularscheide" hervorgehoben. Wir finden nämlich an den zur Ligularbasis senkrechtstehenden Zellwänden der dieselbe umgebenden äusseren Zellreihe des Blattes ganz dieselbe Umbildung, wie in der Pleromscheide der Wurzel dieser Pflanzen. An senkrechten (Fig. 22—26 *lsch*), wie an quer geführten Schnitten macht sich die biconvexe Verdickung an den radialen Wänden dieser Zellschicht kenntlich. Seitwärts, und bei älteren Blättern auch von unten, wird die Ligularscheide oft von den verholzten Zellen des Blattgewebes unmittelbar begrenzt.

Die Dichotomie der Wurzel von Pinus silvestris.

Zu den bis jetzt bekannten dichotomisirenden Wurzeln phanerogamer Pflanzen, der Cycadeen [1]), ferner Pinus Strobus und Alnus glutinosa [2]), füge ich die von Pinus silvestris hinzu.

Ich fand die dichotomische Verzweigung an Nebenwurzeln zweier Kiefern, die in humosem Boden wuchsen, während ich im nämlichen Boden, in unmittelbarer Nähe dieser Kiefern, vergebens nach solcher dichotomischen Verzweigung bei Pinus Abies L., Juniperus communis L. und andern ebenda wachsenden baum-, strauch- und krautartigen dikotylen Gewächsen suchte.

Die Gabelung der Wurzeln beider Kiefern fand mit der grössten Regelmässigkeit statt, so dass, wie bei den Lycopodiaceen, die aufeinanderfolgenden Dichotomien sich rechtwinkelig kreuzten. Wenn die Dichotomisirung den Grad höchster Ausbildung erreicht, so gestaltet das öftere Ausbleiben der Gabelung an einzelnen Aesten, die vorhandene leichte Drehung der Gabelungsebenen gegen einander und die schnelle Aufeinanderfolge oft bis sechsfacher Gabelung bei ganz kurzen Zwischengliedern, indem das intercalare Wachsthum wenig ergiebig ist, das ganze Gabelungssystem zu einem oft kaum entwirrbarem Knäuel. Ich fand diese Erscheinung im Frühling dieses Jahres, wo ich ihrer zuerst ansichtig wurde, an vorjährigen Nebenwurzeln, die an der Spitze die durch Prantl

1) Strasburger a. a. O. S. 359. Reinke, morphol. Abh. S. 19.
2) Schacht, der Baum S. 172. Janczewski, Bot. Zeit. Nr. 8 1874.

bekannt gewordene Regeneration in allen Stadien zeigten. Die sich gabelnden Wurzeln standen unter solchen, die keine Gabelung aufwiesen. Namentlich im Beginn ihrer Entwickelung tritt die Gesetzmässigkeit der Gabelung sehr deutlich hervor. Die erste Gabelungsebene der Wurzel liegt stets parallel zu der Längsaxe der Mutterwurzel.

Die Entwickelungsgeschichte der Dichotomie findet, wie die mikroskopische Untersuchung ergab, in ganz derselben Weise statt, wie die von Strasburger[1]) zuerst beschriebene und von Reinke[2]) bestätigte bei Cycadeen-Wurzeln, also genau so, wie sie auch bei den durch gesonderte Histogene wachsenden Lycopodiaceen in Erscheinung tritt. Stets wird sie auch hier durch eine Verbreitung des Pleroms in der zukünftigen Dichotomieebene eingeleitet.

Die dichotomisirenden Wurzeln treten wie sonst normale Nebenwurzeln hier an zwei Seiten der Mutterwurzel so auf, dass ihre beiden Gefässbündel mit denen der Mutterwurzel in einer Ebene zu liegen kommen[3]). Bei nun eintretender Gabelung geht je ein Bündel in einen Gabelast, tritt central in denselben ein und theilt sich nun in zwei Bündel, die in einer Ebene liegen, welche mit der Ebene der Gefässe des Podiums sich kreuzt. Diese Theilung und Kreuzung der Bündelebenen wiederholt sich bei jeder neuen Dichotomie.

Das Periblem aller der dichotomisirenden Wurzeln war von einem Mycelium durchzogen; im Plerom gelang es mir nicht, dasselbe aufzufinden. — Die Wurzelhaube fehlte, wie bei Cycas, dafür war der Scheitel, sowie das ganze Aeussere der Wurzel von einer Kruste, bestehend aus abgestorbenen Rindenzellen und Mycelgeflecht bedeckt.

Dasselbe Mycelgeflecht in dem Rindengewebe, ferner die rudimentäre Wurzelhaube und die dem Wurzelkörper umgebende Kruste waren bei den in demselben Boden gefundenen, anderen ungegabelten Coniferenwurzeln gleichfalls vorhanden. Bei den Dikotylenwurzeln in dem gleichen Boden beschränkte sich die Wurzelhaube auf einige Zellschichten. Aber in keinem Falle war eine Dichotomie oder eine Anlage derselben bemerkbar.

Von Janczewski[4]) wird behauptet, den Wurzeln phanerogamer Pflanzen kommt keine normale Dichotomie zu; dieselbe, wo sie

---

1) a. a. O. S. 359 ff.

2) a. a. O.

3) Vergl. dazu über Cycas, Strasburger a. a. O. S. 359 ff.

4) a. a. O. S. 116.

vorkommt, wird von ihm als durch Parasiten hervorgerufene Missbildung gedeutet. Eine Missbildung ist es wohl; doch eine solche, welche unter die Rückschlagserscheinungen zu rechnen ist[1]). Wie ist sonst die im ganzen Verhalten so auffallende Gesetzmässigkeit und Uebereinstimmung mit den Lycopodiaceen-Wurzeln zu deuten? Diese Missbildung bei Coniferen deutet von Neuem auf ihre Verwandtschaft mit den Lycopodiaceen. Eine reine Anpassungserscheinung kann es nicht sein, denn dann wäre ihre Regelmässigkeit ein Räthsel und die Uebereinstimmung mit den Lycopodiaceen mehr als merkwürdig. Dass nicht alle Coniferen unter der gleichen Bedingung diese Gabelung zeigen, beweist wohl nur, dass die Disposition zum Atavismus bei nahe verwandten Pflanzen verschieden sein kann.

Gedrängte Uebersicht der Hauptergebnisse dieser Arbeit.

Dieselben lassen sich in folgende Sätze zusammenstellen:

I. Ueber die Wurzeln.

Lycopodium.

1) Die Wurzeln treten in akropetaler Folge, ohne gesetzliche Beziehung zu den übrigen Organen auf. Nur bei L. inundatum wurden adventive Wurzeln beobachtet.

2) Die Wurzeln entstehen bei L. inundatum am Scheitel, vor der jüngsten Blattanlage, selten später, wie dies bei den übrigen Lycopodien der Fall ist.

3) Sie wachsen ohne Scheitelzelle, anfangs durch drei, später durch vier gesonderte Histogene. Sie werden im Rindenkörper des Stammes angelegt und differenziren sich von innen nach aussen.

4) Anfangs wird die Wurzelhaube von dem Dermatogen abgeben, später aber von einer an das Dermatogen grenzenden Kalyptrogenschicht regenerirt.

5) Das intercalare Wachsthum der Wurzeln übertrifft das Spitzenwachsthum um das Vielfache; doch hört letzteres während der Lebensdauer der Wurzeln nie ganz auf und tritt bei der Gabelung hauptsächlich hervor.

1) Hierzu dürfte auch der von Reissek beobachtete Fall zu rechnen sein, indem Blüthen von Thesium intermedium Schrad., von Aecidium Thesii Desv. befallen, Formenbildungen an Infloreseenzen zeigten, wie sie bei anderen Santalaceen ganz normal vorkommen (Linnaea, Bd. XVII, Heft VI, 1843 S. 641 ff.).

6) Die Trichome werden bei L. inundatum aus ganzen Epidermiszellen, bei den übrigen untersuchten Arten nur aus durch schiefe Wände von diesen abgetheilten Zellsegmenten gebildet.

7) Die Gabelung wird von Plerom eingeleitet; die übrigen Gewebe verhalten sich mehr passiv. Im Gabelungswinkel ist eine Spannung, in den Podialwinkeln eine Erschlaffung namentlich des Periblems bemerkbar.

Isoëtes.

8) Die Hauptwurzel, sowie die Seitenwurzeln wachsen von ihrer ersten Anlage durch die ganze fernere Lebensdauer mit drei gesonderten Histogenen, die sich gewöhnlich von aussen nach innen differenziren.

9) Das Kalyptro-Dermatogen giebt der Epidermis und der Wurzelhaube ihre Entstehung.

10) Im Intercalarwachsthum ist Isoëtes den Lycopodien ähnlich.

11) Trichommutterzellen werden vielfach gebildet; die Trichome selbst kommen aber nur spärlich zur Entwickelung.

12) In der Entstehung der Gabelung unterscheidet sich Isoëtes hauptsächlich darin von Lycopodium, dass bei ersterer Pflanze bei der Gabelung drei, nicht vier Histogene thätig sind.

Pinus silvestris.

13) Ganz in derselben gesetzmässigen Weise, wie bei den Lycopodiaceen kann die Gabelung auch bei Pinus silvestris auftreten. Aehnlich wie bei anderen Phanerogamen ist sie wohl auch hier als eine durch Parasiten angeregte atavistische Bildung aufzufassen.

II. Ueber die übrigen vegetativen Organe.

Lycopodium inundatum.

14) Auch genannte Pflanze hat dasselbe Spitzenwachsthum und dieselbe Entstehung der Blätter, wie dies für andere Lycopodien bereits feststeht.

15) Ausser der von früher bekannten seitlichen Verzweigungsart kommt hier noch selten ganz reine Dichotomie vor.

16) Eine weitere, ganz besondere Art der Verzweigung tritt in den von mir als pseudoadventiv bezeichneten Knospen auf, die, zwar monopodial, doch über den jüngsten Blättern entstehen, zunächst nur einen geringen Grad der Ausbildung erreichen und sich nur unter günstigen Bedingungen weiter entwickeln.

Fig. 16. Querschnitt durch den Stamm mit dem Polstergewebe *p* an der Bauchseite. *w* eine alte Wurzel, *l* Lufthöhlen derselben; *sk* Schleimkanäle.

Fig. 17—21. **Isoëtes lacustris.**

Fig. 17. Medianer Längsschnitt eines jungen Keimes mit der in ihre Gewebe differenzirten Hauptwurzelanlage. *K* der Kotyledon, *ksch* die Kotyledonarscheide, *L* Ligula, *F* der Fuss, *s* der Scheitel des Keimes, *bl*[1] erstes Stengelblatt; *pl, i* die Plerom-Initiale, *pb, i* die Periblem-Initialreihen, *kd* das Kalyptro-Dermatogen der Wurzel; *wh* die Wurzelhaube. Vergr. 500.

Fig. 18. Längsschnitt der Hauptwurzel nach weiterer Entwickelung. *F* die Fussseite derselben; *ir* innere, *ar* äussere Rinde; die weitere Bezeichnung wie vorhin. Vergr. 500.

Fig. 19. Ein Theil der Epidermis der ersten Wurzel in der Flächenansicht mit den Trichommutterzellen. Vergr. 550.

Fig. 20 u. 21. Entwickelungsstadien älterer, dichotomisirender Wurzeln. Vergr. 220.

Taf. XXIV.

Isoëtes lacustris.

Fig. 22. Medianer Längsschnitt eines älteren Keimtheils, der die Entstehung der ersten Seitenwurzel darstellt. *wsch* Wurzelscheide, *wh* Wurzelhaube, *kd* die Initiale des Kalyptro-Dermatogens; *K* Kotyledon, *L* Ligula, *lsch* Ligularscheide, *ksch* Kotyledonarscheide; *bl*[1] erstes Stengelblatt; *w* Hauptwurzel. Vergr. 500.

Fig. 23. Die erste Seitenwurzel in ihrer weiteren Differenzirung. *pl, i* die Plerom-Initiale; das Uebrige wie vorher. Vergr. 500.

Fig. 24 und 25 stellen das erste Wachsthum dieser Wurzel dar; *psch* die Pleromscheide der Hauptwurzel. Vergr. 500.

Fig. 26. Die erste Seitenwurzel in späterer Entwickelung. Das Kalyptro-Dermatogen und Plerom schattirt; *wsch* degenerirte Wurzelscheide; *bl*[1] u. *bl*[2] erstes und zweites Blatt des Keimes. Vergr. 220.

Fig. 27. Querschnitt der ersten Wurzel oder der Hauptwurzel des Keimes. *ar* äussere, *ir* innere Rinde; die äusserste Schicht der letzteren ist mit * bezeichnet, *psch* die Pleromscheide oder die innerste Schicht derselben; *g* das excentrische Gefäss des Pleroms. Vergr. 500.

Fig. 28. Eine ältere dichotomisirte Wurzel. Vergr. sehr schwach.

Fig. 29. Flächenansicht des Scheitels einer mehrjährigen Pflanze. *s* die Wölbung desselben einnehmende Urmeristem-Initialen; *bl*[1] junge Blattanlage, *bl*[2]—*bl*[4] ältere Blätter; *L* Ligula derselben. Vergr. 220.

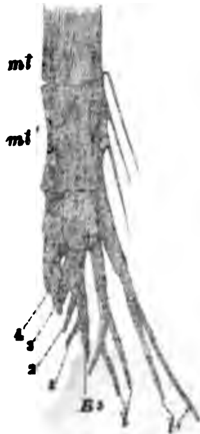
Fig. 30. Längsschnitt durch den Scheitel eines älteren Stammes rechtwinklig zur Stammfurche desselben. Die gewölbte Scheitelmitte nehmen die Urmeristem-Initialen ein; *b* eine nicht durch die Mitte getroffene Blattanlage; *bl* ein Blatt, *pc* dessen procambialer Strang in der Entstehung; *c* cambiale Theilung des seitwärts liegenden Gewebes, *h* die Grenzen des stammeigenen Holzkörpers und Ansatzstellen der Blattspurstränge. Vergr. 220.

Fig. 31. Längsschnitt des Stammes parallel dessen Stammfurche. *bl*[1] Entstehung eines Blattes im Medianschnitt. Das übrige wie vorher. Vergr. 220.

Berichtigung.

Beim Durchlesen der Separatabdrücke meiner in dieser Zeitschrift erschienenen Abhandlung: „Ueber die Nachweisbarkeit eines biserialen Archipterygium bei Selachiern und Dipnoern“ sind mir mehrere Fehler entgegengetreten, die dem Verständniss derselben hinderlich sind. Die Ursache dieser Fehler ist darin zu suchen, dass einerseits von den ursprünglichen Abbildungen eine Anzahl nicht hat aufgenommen werden, andererseits ich nicht selbst die Correctur der Arbeit habe ausführen können. Ich bitte daher beim Lesen meiner Arbeit die nachfolgenden Correcturen zu berücksichtigen.

1) Seite 298 Zeile 8 von unten lies: „neun“ statt „neue“.
2) Der Passus auf Seite 301 Zeile 8 von unten bis Seite 302 Zeile 4 von oben bezieht sich nicht auf die dort citirte Fig. XIII, sondern auf den hier folgenden Holzschnitt.



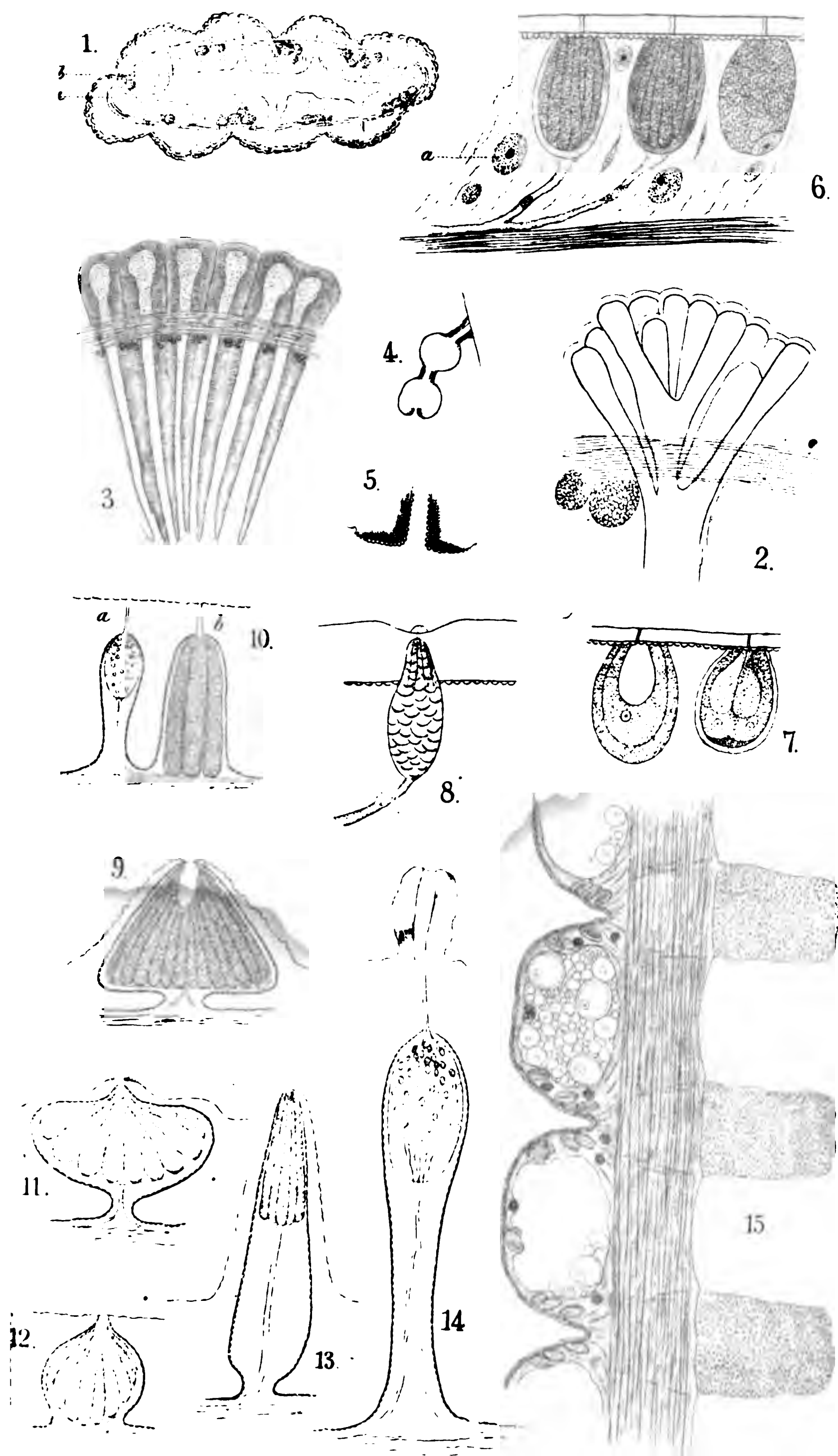
3) Seite 301 Anmerkung Zeile 1 von oben lies Fig. XIII statt Fig. XIV.
4) Seite 302 I. Absatz Zeile 2 von oben ist statt Fig. XIII der Holzschnitt zu citiren.
5) Seite 302 I. Absatz Zeile 3 von oben lies Fig. XIII statt Fig. XIV.
6) Seite 302 I. Absatz Zeile 7 von oben ist zu Raja clavata Fig. XVII zu citiren.
7) Seite 302 I. Absatz Zeile 9 von oben ist nach „*mt*“ das Wort „medial“ einzuschieben.
8) Seite 302 II. Absatz Zeile 1 von oben lies Fig. XIV statt Fig. XVI.
9) Seite 302 III. Absatz Zeile 2 von oben lies Fig. XVI statt Fig. XVII.

Durch diese Berichtigungen ergeben sich die unrichtigen Bezeichnungen in der Erklärung der Abbildungen von selbst.

Dorpat d. 30. Sept. (12. Oct.) 74.

A. Bunge,
stud. med.

Druck der Fr. Mauke'schen Officin in Jena.



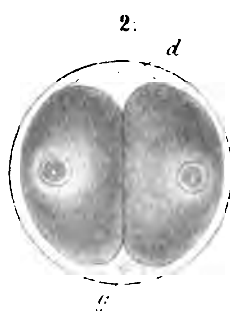
...scher fec.

C Muller lith.

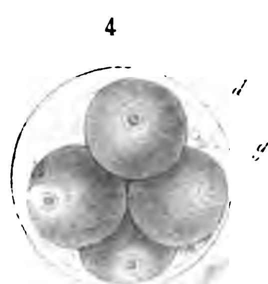
1.



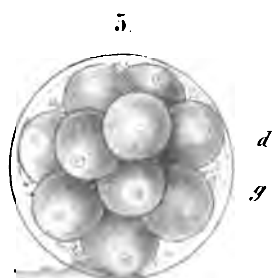
2.



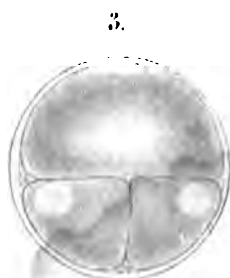
4



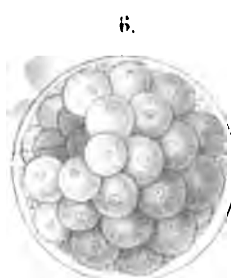
5.



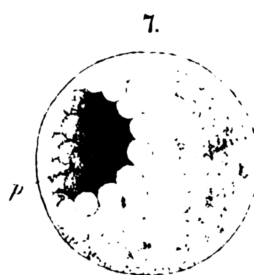
3.



6.



7.

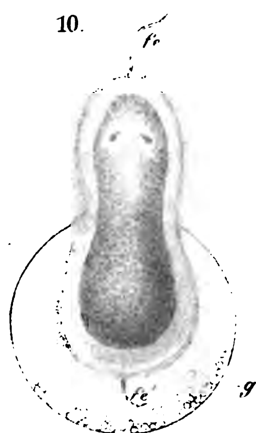


8.



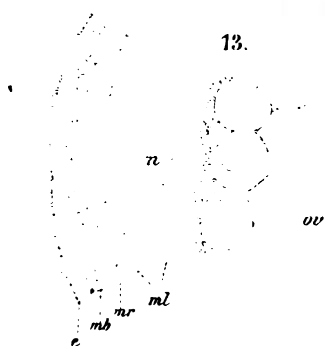
9

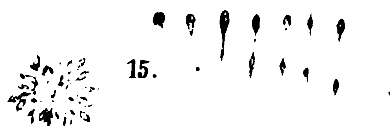



10.
fr
fe
g

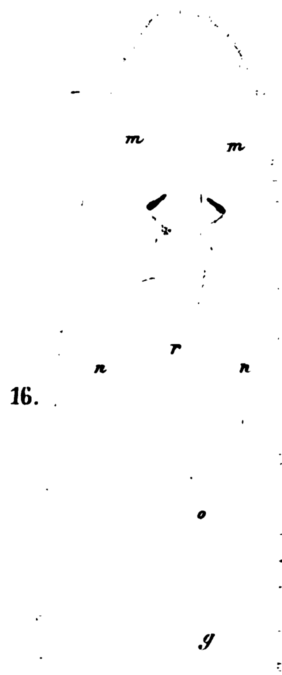

11
r
o

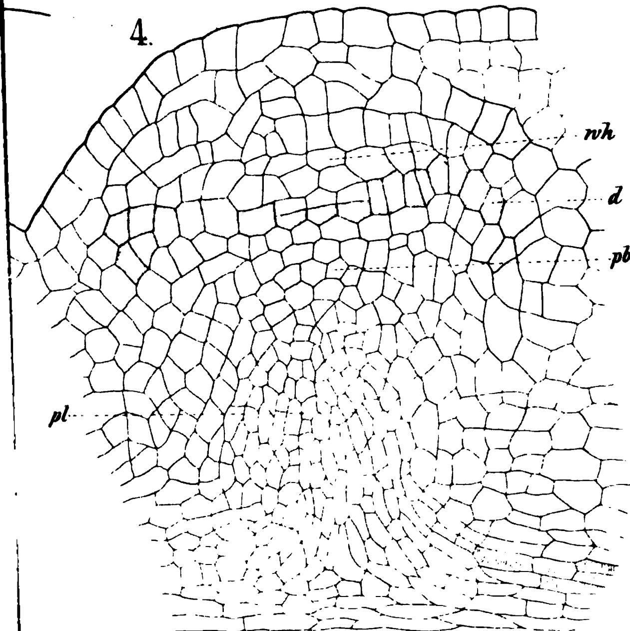

12.
r
d
i
ov
ov

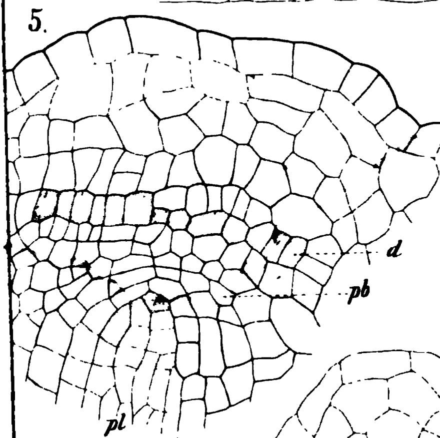

13.
n
ov
ml
mr
mb
e

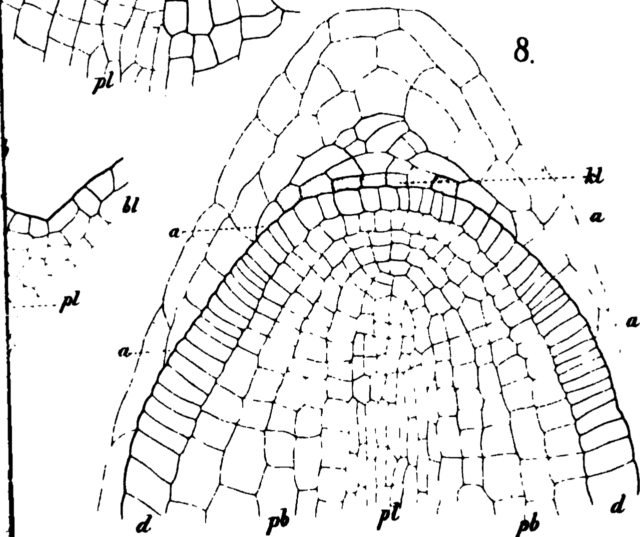

15.


14.


m
m
r
n
n
16.
o
g







Lith Anst. v. E. Giltsch, Jena

Taf. XXIII.

